



TUGAS AKHIR - MO 141326

ANALISIS PENGARUH PANAS TERHADAP GAYA ADHESI
COATING POLIMER ALAM GETAH KARET (*HEVEA
BRASILIENSIS*) DENGAN SILIKA (SiO_2) PADA BAJA ASTM A36

ASTRID FITRIA FEBRYANTI PRAMONO
NRP. 4313 100 017

Dosen pembimbing:

Herman Pratikno S.T, M.T, Ph.D

Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



FINAL PROJECT- MO 141326

ANALYSIS OF HEAT TREATMENT EFFECT TOWARDS COATING
ADHESION OF NATURAL POLYMER NATURAL RUBBER (*HEVEA
BRASILIENSIS*) WITH SILICATE (SiO_2) ON ASTM A36 STEEL

ASTRID FITRIA FEBRYANTI PRAMONO
NRP. 4313 100 017

Supervisors:

Herman Pratikno S.T, M.T, Ph.D

Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

**ANALISIS PENGARUH PERLAKUAN PANAS TERHADAP GAYA
ADHESI COATING POLIMER ALAM GETAH KARET (*HEVEA
BRASILIENSIS*) DENGAN SILIKA (SiO_2) PADA BAJA ASTM A36**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan




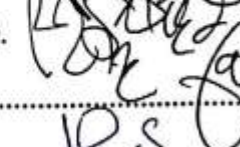
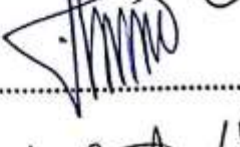

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ASTRID FITRIA FEBRYANTI PRAMONO

NRP. 4313 100 017

Disetujui oleh:

1. Herman Pratikno, S.T, M.T, Ph.D.  (Pembimbing 1)
.....
2. Dr. Ir Hasan Ikhwani, M.  (Pembimbing 2)
.....
3. Ir. J.J. Soedjono, M.Sc.  (Penguji 1)
.....
4. Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc., Ph.D.  (Penguji 2)
.....
5. Darta Marina C, S.T., M.T.  (Penguji 3)
.....
6. Wimala L. Dhanistha, S.T., M.T  (Penguji 4)
.....

SURABAYA, JULI 2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Analisis Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Gaya Adhesi *Coating* Polimer
Alam Getah Karet (*Hevea brasiliensis*) dengan Silika (SiO₂) pada Baja
ASTM A36

Nama Mahasiswa : Astrid Fitria Febryanti Pramono
NRP : 4313100017
Departemen : Teknik Kelautan FTK-ITS
Dosen Pembimbing : Herman Pratikno, S.T, M.T, Ph.D.
Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.

ABSTRAK

Sangat umum penggunaan *coating* pada dunia industri untuk melindungi besi dan baja agar terhindar dari korosi. Material *coating* yang umum digunakan adalah zat-zat kimiawi. Oleh karena itu, banyak penelitian tentang pengembangan material *coating* dari bahan alami. Penelitian tentang polimer alam dengan silika sebagai pengganti material *coating* telah dilakukan. Pada penelitian ini, polimer alam yang digunakan adalah getah karet (*Hevea brasiliensis*). Pada penelitian ini, larutan *coating* yang digunakan dibuat dari campuran getah karet dengan silika (SiO₂) dengan perbandingan 2:1. Metode pelapisan yang digunakan adalah *dip coating*. Pada proses pelapisan digunakan beberapa variasi dari suhu larutan *coating* 25°C, 50°C, dan 75°C. Selain itu, digunakan variasi frekuensi pencelupan yaitu 5 kali, 10 kali, dan 15 kali yang dilakukan pada baja karbon rendah ASTM A36. Pemberian perlakuan panas sebesar 100 °C dengan metode *thermal cycle* sebanyak 5 *cycle*, dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari perlakuan panas terhadap gaya adhesi lapisan *coating*. Dengan variasi dan perlakuan diatas, didapatkan hasil gaya adhesi terbaik setelah *pull-off test* oleh spesimen yang diberi perlakuan panas dengan tebal 0.5-1.0 mm diatas tebal rata-rata pada suhu larutan 50°C. Terdapat tiga spesimen yang memiliki hasil diatas standar industri yaitu, spesimen F dengan daya lekat 5.13 MPa, spesimen G dengan daya lekat 4.60 MPa, dan spesimen J dengan daya lekat 4.29 MPa.

Kata Kunci— adhesi, *coating*, getah karet (*Hevea brasiliensis*), *pull-off test*, silika (SiO₂)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Analysis of Heat Treatment Effect Towards Coating Adhesion of Natural Polymer Natural Rubber (*Hevea brasiliensis*) and Silica (SiO₂) on ASTM A36 Steel

Name : Astrid Fitria Febryanti Pramono
REG : 4313100017
Department : Teknik Kelautan FTK-ITS
Supervisors : Herman Pratikno, S.T, M.T, Ph.D.
Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.

ABSTRACT

A common used of coating in fabrication is to protect iron and steel from corrosion. Coating materials that commonly used are made from chemical substances. Therefore, a lot of research about the development of making coating materials from natural ingredients. Research on natural polymers with silica as a substitute material coating has been carried out. In this study, the natural polymer which is used is the latex of natural rubber (*Hevea brasiliensis*). In this study, the coating solution used is made from a mixture of latex solution with a silica (SiO₂) in comparative 2:1. Coating method used is dip coating. On the coating process used some variation of the temperature of the coatingsolution, 25°C, 50°C and 75°C. In addition, the frequency variation of immersion that is used 5 times, 10 times, 15 times and done on low carbon steel ASTM A36. Heat treatment temperature in used 100°C using 5 cycle of thermal cycle method, conducted to know the effect of heat treatment towards adhesion of coating layer. By the above treatment variations, it is obtained the best adhesion results after pull-off test is specimens given by heat treatment with thick 0.5-1.0 mm thick above the average at a temperature of 50°C solution. There are three specimens which have results above the industry standard, namely, specimens with closely F 5.13 MPa, specimens with closely 4.60 G MPa, and specimens with J latched onto 4.29 MPa.

Keywords— adhesion, coating, natural rubber (*Hevea brasiliensis*), pull-off test, silica (SiO₂)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas pertolongan, berkat, rahmat, dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Penelitian Tugas Akhir dengan judul “Analisis Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Gaya Adhesi *Coating* Polimer Alam Getah Karet (*Hevea brasiliensis*) dengan Silika (SiO_2) pada Baja ASTM A36” ini dengan sebaik-baiknya.

Laporan Penelitian Tugas Akhir ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dalam menempuh Studi Kesarjanaan Strata-1 (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Namun, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan yang terdapat pada Tugas Akhir ini dan harus diperbaiki demi hasil yang lebih baik. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir berikutnya. Penulis juga berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya di bidang teknologi kelautan.

Surabaya, Juli 2017

Astrid Fitria Febryanti Pramono

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada proses pengerjaan penelitian Tugas Akhir ini, banyak dukungan, bantuan, dan bimbingan yang telah diberikan oleh berbagai pihak. Untuk semua itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dengan segala kerendahan hati kepada seluruh pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung, terutama:

1. Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat, ridho, dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Kedua orang tua penulis atas dukungan moral maupun moril kepada penulis yang tiada henti agar dilancarkan dan dimudahkan dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing satu dan dosen wali penulis, yang telah sabar memberikan bimbingan, penyelesaian, nasehat, kritik dan saran, serta waktunya hingga Tugas Akhir penulis dapat selesai dengan baik.
4. Bapak Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc, selaku dosen pembimbing dua penulis yang telah memberikan bimbingan, arahan, kritik dan saran, serta waktunya pada proses penyusunan Tugas Akhir hingga selesai dengan baik.
5. Bapak Ir. J.J. Soedjono, M.Sc., Bapak Ir. Wisnu Wardhana, S.E., M.Sc., Ph.D., Ibu Darta Marina C, S.T., M.T., dan Ibu Wimala L. Dhanistha, S.T., M.T, atas kritik, saran, dan pertanyaan yang membangun dan membantu dalam penyempurnaan Tugas Akhir penulis.
6. Bapak Rudi Walujo Prastianto, S.T., M.T., Dr.Eng. selaku Ketua Departemen Teknik Kelautan.
7. Seluruh Bapak dan Ibu dosen, serta staf maupun karyawan Departemen Teknik Kelautan, atas segala ilmu dan bantuannya yang telah diberikan.
8. Para penguji tugas akhir, atas evaluasi, kritik, dan saran yang diberikan untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.

9. Bapak M. Effendi selaku teknisi Laboratorium Kimia Organik D3 Teknik Kimia ITS, atas ilmu, bimbingan, dan bantuannya dalam pengerjaan penelitian Tugas Akhir ini.
10. Bapak Larasanto, Bapak Didik, Bapak Aris, dan teknisi dari CV. Cipta Agung atas kesempatan, waktu, bantuan, ilmu, dan arahan yang telah diberikan pada proses pengerjaan penelitian.
11. Bapak Mantri dan teknisi Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin ITS, atas bantuan, bimbingan, dan ilmunya pada saat proses pengerjaan Tugas Akhir.
12. Bapak Mudjiono, selaku teknisi Laboratorium Dinamika Struktur Teknik Kelautan ITS atas bantuan dalam pengerjaan penelitian.
13. Alfian, Arif, Danang, Ilham, Nanda, Wati, Yossy, dan Yuda serta Keluarga Besar mahasiswa Teknik Kelautan ITS angkatan 2013 (Valtameri) atas dukungan, bantuan dan semangat yang diberikan selama proses penyelesaian Tugas Akhir.
14. Teman-teman bimbingan Tugas Akhir atas bantuan tenaga, pikiran, dan dukungannya sehingga penyelesaian dapat dilakukan dengan baik.
15. Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

DAFTAR ISI

| | |
|-----------------------------------------------------------------------|-------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN | iii |
| ABSTRAK | v |
| <i>ABSTRACT</i> | vii |
| KATA PENGANTAR | ix |
| UCAPAN TERIMAKASIH..... | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| DAFTAR GAMBAR | xix |
| DAFTAR LAMPIRAN | xx |
| DAFTAR TABEL..... | xviii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah | 3 |
| 1.3 Tujuan | 3 |
| 1.4 Manfaat | 3 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI..... | 5 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka | 5 |
| 2.2 Dasar Teori..... | 6 |
| 2.2.1 Polimer | 6 |
| 2.2.2 Silika (SiO ₂) | 7 |
| 2.2.3 Baja | 8 |
| 2.2.4 Persiapan Permukaan | 10 |
| 2.2.5 Pelapisan Baja | 12 |
| 2.2.6 Pengujian Kekuatan Adhesi | 13 |
| 2.2.7 Perlakuan Panas | 17 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | 19 |
| 3.1 Diagram Air Penelitian | 19 |
| 3.2 Penjelasan Prosedur Penelitian | 20 |
| 3.2.1 Studi Literatur dan Pengumpulan Data, Alat serta Material | 20 |

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.2 Percobaan Penelitian..... | 20 |
| 3.2.2.1 Percobaan Penemuan <i>Surface Preparation</i> Spesimen | 20 |
| 3.2.2.2 Percobaan Penentuan Perbandingan Komposisi Larutan <i>Coating</i> | 24 |
| 3.2.2.2.1 Pelarutan dengan Perbandingan Komposisi 2:3 | 24 |
| 3.2.2.2.2 Pelarutan dengan Perbandingan Komposisi 2:1 | 25 |
| 3.2.3 Persiapan Penelitian..... | 26 |
| 3.2.3.1 Alat Penelitian | 27 |
| 3.2.3.2 Bahan Penelitian | 27 |
| 3.2.4 Persiapan Spesimen | 28 |
| 3.2.4.1 Pemotongan Material..... | 29 |
| 3.2.4.2 Pengeboran Ujung Spesimen..... | 31 |
| 3.2.4.3 Persiapan Permukaan Spesimen | 31 |
| 3.2.4.4 Pemasangan Tali dan Penandaan Spesimen | 32 |
| 3.2.5 Persiapan Larutan <i>Coating</i> | 34 |
| 3.2.6 Proses <i>Dip Coating</i> Spesimen | 38 |
| 3.2.7 Pengukuran Tebal <i>Coating</i> | 42 |
| 3.2.8 Perlakuan Panas pada Spesimen..... | 44 |
| 3.2.9 Pengujian Gaya Adhesi Lapisan <i>Coating</i> | 46 |
| 3.2.10 Analisa dan Pembahasan | 49 |
| 3.2.11 Kesimpulan..... | 49 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 51 |
| 4.1 Hasil <i>Dip Coating</i> pada Spesimen..... | 51 |
| 4.1.1 Hasil <i>Dip Coating</i> Spesimen pada Suhu Larutan 25°C | 51 |
| 4.1.2 Hasil <i>Dip Coating</i> Spesimen pada Suhu Larutan 50°C | 58 |
| 4.1.3 Hasil <i>Dip Coating</i> Spesimen pada Suhu Larutan 75°C | 65 |
| 4.2 Hasil Pengukuran Tebal Lapisan <i>Coating</i> | 71 |
| 4.2.1 Frekuensi 5 kali Pencelupan | 73 |
| 4.2.2 Frekuensi 10 kali Pencelupan | 74 |
| 4.2.3 Frekuensi 15 kali Pencelupan | 75 |
| 4.3 Hasil Perlakuan Panas | 76 |

| | |
|--------------------------------------|----|
| 4.4 Hasil <i>Pull-off Test</i> | 82 |
| 4.5 Pembahasan | 92 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 95 |
| 5.1 Kesimpulan | 95 |
| 5.2 Saran..... | 95 |
| DAFTAR PUSTAKA | 97 |
| LAMPIRAN | |
| BIODATA PENULIS | |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 Pohon Karet | 7 |
| Gambar 2.2 <i>Waterglass (silica gel)</i> | 8 |
| Gambar 2.3 Plat Baja ASTM A36..... | 9 |
| Gambar 2.4 Kondisi permukaan spesimen sebelum proses <i>blasting</i> | 10 |
| Gambar 2.5 Standar Sa yang digunakan pada <i>blasting</i> | 11 |
| Gambar 2.6 <i>Dip Coating</i> | 12 |
| Gambar 2.7 <i>Sprayed Coating</i> | 12 |
| Gambar 2.8 Komponen alat <i>Fixed-Alignment Adhesion Tester</i> Tipe I | 13 |
| Gambar 2.9 Sistematika <i>Fixed-Alignment Adhesion Tester</i> Tipe I | 13 |
| Gambar 2.10 Komponen alat <i>Fixed-Alignment Adhesion Tester</i> Tipe II..... | 14 |
| Gambar 2.11 Sistematika <i>Fixed-Alignment Adhesion Tester</i> Tipe II..... | 14 |
| Gambar 2.12 Komponen alat <i>Self-Aligning Adhesion Tester</i> Tipe III | 15 |
| Gambar 2.13 Sistematika <i>Self-Aligning Adhesion Tester</i> Tipe III | 15 |
| Gambar 2.14 Komponen alat <i>Self-Alignment Adhesion Tester</i> Tipe IV | 16 |
| Gambar 2.15 Sistematika <i>Self-Alignment Adhesion Tester</i> Tipe IV | 16 |
| Gambar 2.16 Peralatan <i>Pull-off Test self-aligning tester Type V</i> | 16 |
| Gambar 2.17 Sistematika <i>Pull-off Test self-aligning tester Type V</i> | 17 |
| Gambar 2.18 Konsep <i>Pull-off Test</i> | 17 |
| Gambar 2.19 Mesin <i>furnace</i> | 17 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian | 19 |
| Gambar 3.2 Pembersihan spesimen dengan gerinda | 21 |
| Gambar 3.3 Pengukuran kekasaran spesimen gerinda | 21 |
| Gambar 3.4 Hasil pencelupan pada spesimen gerinda | 22 |
| Gambar 3.5 Permukaan spesimen setelah <i>blasting</i> | 22 |
| Gambar 3.6 Pengukuran kekasaran permukaan spesimen <i>blasting</i> | 23 |
| Gambar 3.7 Hasil pencelupan pada spesimen <i>blasting</i> | 23 |
| Gambar 3.8 Larutan <i>coating</i> dengan perbandingan 2:3 | 25 |
| Gambar 3.9 Larutan <i>coating</i> dengan perbandingan 2:1 | 25 |
| Gambar 3.10 Hasil pencelupan dengan larutan <i>coating</i> lem PVC | 26 |
| Gambar 3.11 Diagram Alir Persiapan Spesimen..... | 28 |
| Gambar 3.12 Material Baja A36..... | 29 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3.13 Sertifikat Material Baja A36 | 29 |
| Gambar 3.14 Proses Pemotongan Material | 30 |
| Gambar 3.15 Ukuran Pemotongan Spesimen | 30 |
| Gambar 3.16 Hasil pemotongan spesimen | 30 |
| Gambar 3.17 Ukuran Pengeboran Ujung Spesimen | 31 |
| Gambar 3.18 Ruang <i>Blasting</i> dan Proses <i>Blasting</i> Spesimen | 31 |
| Gambar 3.19 Hasil <i>Blasting</i> Spesimen | 32 |
| Gambar 3.20 Pemasangan Tali dan Penandaan pada Spesimen | 32 |
| Gambar 3.21 Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan <i>Coating</i> | 34 |
| Gambar 3.22 Pemotongan Getah Karet | 35 |
| Gambar 3.23 Perendaman getah karet yang telah dibersihkan dalam H ₂ O ₂ | 36 |
| Gambar 3.24 Penimbangan getah karet | 36 |
| Gambar 3.25 Pelarutan Getah Karet dengan Toluena | 37 |
| Gambar 3.26 Larutan Getah Karet yang telah Homogen | 37 |
| Gambar 3.27 Larutan getah karet yang telah dicampur dengan <i>waterglass</i> | 37 |
| Gambar 3.28 Spesimen yang telah dipasang tali penggantung dan ditandai. | 39 |
| Gambar 3.29 Proses Pencelupan pada Spesimen | 39 |
| Gambar 3.30 Hasil <i>dip coating</i> pada variasi suhu larutan 25°C | 39 |
| Gambar 3.31 Larutan <i>coating</i> dipanaskan diatas <i>hot plate</i> | 40 |
| Gambar 3.32 Larutan <i>coating</i> diukur suhu dengan termometer hingga 50°C | 40 |
| Gambar 3.33 Proses <i>dip coating</i> spesimen pada suhu larutan 50°C | 41 |
| Gambar 3.34 Hasil <i>dip coating</i> pada suhu larutan 50°C | 41 |
| Gambar 3.35 Larutan <i>coating</i> diukur suhu dengan termometer hingga 75°C | 42 |
| Gambar 3.36 Hasil <i>dip coating</i> pada suhu larutan 75°C | 42 |
| Gambar 3.37 Jangka sorong <i>digital</i> | 43 |
| Gambar 3.38 Proses pengukuran ketebalan pada spesimen | 43 |
| Gambar 3.39 Persiapan spesimen sebelum perlakuan panas | 45 |
| Gambar 3.40 Mesin <i>furnace</i> suhu 100°C dan spesimen dimasukkan pada mesin <i>furnace</i> suhu 100°C | 45 |
| Gambar 3.41 Hasil perlakuan panas pada spesimen | 45 |
| Gambar 3.42 <i>Dolly</i> | 46 |
| Gambar 3.43 Lem adhesif dan proses pencampuran lem | 47 |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 3.44 Pengolesan lem pada <i>dolly</i> dan penempelan <i>dolly</i> pada lapisan <i>coating</i> spesimen | 47 |
| Gambar 3.45 Spesimen yang telah dipasang <i>dolly</i> | 47 |
| Gambar 3.46 Peralatan <i>Pull-off Test Manual Adhesion Tester</i> | 48 |
| Gambar 3.47 Sistematis <i>Pull-off Test self-aligning tester Type V</i> | 48 |
| Gambar 3.48 Proses <i>Pull-off Test</i> | 48 |
| Gambar 3.49 Contoh Hasil <i>Pull-off Test</i> pada Salah Satu Spesimen dalam MPa dan Tampak Spesimen setelah <i>Pull-off Test</i> | 49 |
| Gambar 4.1 Grafik Perbandingan ketebalan <i>coating</i> pada frekuensi 5 kali pencelupan | 74 |
| Gambar 4.2 Grafik Perbandingan ketebalan <i>coating</i> pada frekuensi 10 kali pencelupan | 74 |
| Gambar 4.3 Grafik Perbandingan ketebalan <i>coating</i> pada frekuensi 15 kali pencelupan | 75 |
| Gambar 4.4 Grafik Nilai Daya Lekat Lapisan <i>Coating</i> Spesimen Tanpa Perlakuan Panas | 87 |
| Gambar 4.5 Grafik Nilai Daya Lekat Lapisan <i>Coating</i> Spesimen Dengan Perlakuan Panas | 91 |

DAFTAR TABEL

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1. Tabel Kandungan Kimia ASTM A36 | 9 |
| Tabel 2.2. Tabel <i>Physical Properties</i> ASTM A36..... | 9 |
| Tabel 3.1 Nilai Kekasaran Permukaan Spesimen Gerinda | 21 |
| Tabel 3.2 Nilai Kekasaran Permukaan Spesimen <i>Blasting</i> | 23 |
| Tabel 3.3 Matriks Penandaan Spesimen Tanpa Perlakuan Panas | 33 |
| Tabel 3.4 Matriks Penandaan Spesimen Dengan Perlakuan Panas..... | 33 |
| Tabel 3.5 Data Tebal Pengukuran Lapisan <i>Coating</i> | 44 |
| Tabel 4.1 Matriks Spesimen pada Suhu Larutan 25°C | 51 |
| Tabel 4.2 Hasil <i>Dip Coating</i> 5 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 25°C..... | 52 |
| Tabel 4.3 Hasil <i>Dip Coating</i> 10 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 25°C..... | 54 |
| Tabel 4.4 Hasil <i>Dip Coating</i> 15 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 25°C..... | 56 |
| Tabel 4.5 Matriks Spesimen pada Suhu Larutan 50°C | 58 |
| Tabel 4.6 Hasil <i>Dip Coating</i> 5 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 50°C..... | 59 |
| Tabel 4.7 Hasil <i>Dip Coating</i> 10 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 50°C..... | 61 |
| Tabel 4.8 Hasil <i>Dip Coating</i> 15 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 50°C..... | 63 |
| Tabel 4.9 Matriks Spesimen pada Suhu Larutan 75°C | 65 |
| Tabel 4.10 Hasil <i>Dip Coating</i> 5 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 75°C..... | 66 |
| Tabel 4.11 Hasil <i>Dip Coating</i> 10 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 75°C..... | 67 |
| Tabel 4.12 Hasil <i>Dip Coating</i> 15 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 75°C..... | 69 |
| Tabel 4.13 Data Tebal <i>Coating</i> Penelitian | 72 |
| Tabel 4.14 Daftar Gambar Spesimen Hasil Perlakuan Panas | 77 |
| Tabel 4.15 Daftar Gambar Hasil <i>Pull-off Test</i> Spesimen Tanpa Perlakuan Panas | 83 |
| Tabel 4.16 Nilai Daya Lekat Lapisan <i>Coating</i> Spesimen Tanpa Perlakuan Panas | 86 |
| Tabel 4.17 Daftar Gambar Hasil <i>Pull-off Test</i> Spesimen Dengan Perlakuan Panas | 87 |
| Tabel 4.18 Nilai Daya Lekat Lapisan <i>Coating</i> Spesimen Dengan Perlakuan Panas | 90 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|------------|--------------------------------------------------------|
| LAMPIRAN A | Hasil Foto Makro Penampang Melintang Potongan Spesimen |
| LAMPIRAN B | Hasil Foto Mikro Penampang Melintang Potongan Spesimen |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada dunia industri fabrikasi bangunan lepas pantai, penggunaan besi dan baja sebagai material utama pembuatan sebuah bangunan lepas pantai merupakan hal yang sangat umum. Akan tetapi, sifat dari besi dan baja yang mudah mengalami korosi membuat fabrikator harus memberikan perlindungan terhadap besi dan baja pada sebelum, saat, dan setelah proses fabrikasi. Dari beberapa macam perlindungan terhadap korosi besi dan baja, pelapisan atau *coating* merupakan pilihan utama yang digunakan oleh fabrikasi. *Coating* pada umumnya dilakukan dengan pengecatan material *coating* berlapis pada besi dan baja. Pelapisan atau *coating* mempunyai beberapa tingkatan step yaitu *priming coats*, *undercoats*, dan *finishing coats* (Chandler, 1985).

Pelapisan pada step *priming coats* atau biasa disebut sebagai *base coat* ini banyak menggunakan material *coating zinc* dan *epoxy*. Tujuan dari *base coat* ini adalah sebagai perekat material *coating* pada *undercoats* dan *finishing coats* serta sebagai inhibitor pada besi dan baja. *Base coat* merupakan pelindung dari baja dan besi pertama sebelum dilapisi oleh material *coating* yang lainnya. Penggunaan material *coating* pada *base coat* akan menentukan material *coating* yang akan digunakan pada step selanjutnya (Chandler, 1985). Diperlukan gaya adhesi yang baik pada *base coat*, sehingga pelapisan selanjutnya akan menempel dengan baik.

Beberapa material *coating* mengandung bahan kimia yang tidak ramah lingkungan digunakan. Penggunaan aluminium sebagai material *coating* pada pelapisan besi dalam penelitian metode terbaru dari pengujian daya adhesi dengan menggunakan *bending* merupakan contoh lain dari material *coating* yang digunakan dalam pelapisan material (Dvořák, 2012).

Penelitian yang lainnya merupakan inovasi dari beberapa material *coating* pada umumnya, yaitu penggunaan *powder coating* pada material. *Powder coating* merupakan pelapisan dengan menggunakan bubuk padat tanpa pelarut untuk proses pelapisannya. Dengan hasil pengaplikasian yang bagus, *powder coating*

sering digunakan untuk pelapisan pada kantor dan rumah (Du dkk, 2016). Selain itu, inovasi lainnya merupakan penggunaan *ceramic coating* untuk perlindungan dari temperatur tinggi pada baja juga telah dilakukan (Harrison dkk, 1947). Dari semua material *coating* yang telah disebutkan diatas, menggunakan komposisi bahan kimia yang tidak ramah lingkungan. Proses pelapisan yang mahal dan tidak disemua tempat fabrikasi memiliki teknologi pelapisannya merupakan kekurangan terbesar dari proses dan material *coating* diatas.

Oleh karena itu, penelitian terhadap material *coating* yang lebih murah dan ramah lingkungan telah banyak dilakukan. Penggunaan *waterglass* sebagai pelapisan hidrofobik pada kaca telah dilakukan untuk membuktikan sifat hidrofobik dari silika (SiO_2) (Ambarwati dan Vicky, 2010). Silika memiliki potensi untuk menjadi material *coating* karena memiliki daya adhesi yang baik dan dapat menahan difusi uap air, ion-ion, maupun oksigen (Rochmat, 2016). Selain itu penelitian terhadap pohon damar untuk pembuatan vernis memberikan ide untuk kelengkapan pada paduan polimer alam dengan silika sehingga sifat rapuh dan tidak stabil dapat distabilkan (Edriana dkk, 2004). Dari ide tersebut, penelitian material *coating* dari campuran polimer alam getah pohon flamboyan (*Delonix regia*) dengan silika (SiO_2) telah dilakukan. Penelitian yang dilakukan dengan memvariasikan waktu *dip coating*, menghasilkan hasil dalam *range good* untuk laju korosi (Rochmat dkk, 2016). Akan tetapi, perolehan getah pohon flamboyan yang susah dan harganya relatif mahal membuat material *coating* ini susah dibuat.

Oleh karena itu, pada penelitian tugas akhir ini penggunaan polimer alam dari getah pohon flamboyan (*Delonix regia*) akan digantikan dengan menggunakan polimer alam dari getah karet (*Hevea brasiliensis*) yang dapat lebih mudah ditemukan dipasaran dengan harga yang cukup terjangkau. Selain itu, penelitian ini akan menggunakan variasi dari suhu larutan *coating* untuk mendapatkan hasil kristalisasi dari silika yang lebih baik serta frekuensi *dip coating* untuk mendapatkan ketebalan yang paling efektif (Sudiashri dkk, 2012). Pada penelitian ini, pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan informasi dari

daya adhesi serta pengaruh perlakuan panas terhadap gaya adhesi dari variasi yang paling efektif.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi bahan penelitian dalam tugas akhir ini, antara lain:

1. Bagaimana pengaruh variasi suhu larutan *coating* terhadap ketebalan lapisan *coating*?
2. Bagaimana perbandingan hasil pengujian kekuatan adhesi dari spesimen yang diberi perlakuan panas dan tanpa perlakuan panas dari setiap variasi suhu larutan dan frekuensi pencelupan?

1.3 Tujuan

Dari perumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai pada tugas akhir ini adalah:

1. Mendapatkan nilai ketebalan dalam mm berdasarkan variasi dari suhu larutan *coating*.
2. Mendapatkan hasil kekuatan adhesi terbaik dari variasi spesimen yang diberikan perlakuan panas maupun tidak berdasarkan variasi suhu larutan dan frekuensi pencelupan.

1.4 Manfaat

Hasil dari tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan inovasi baru pada dunia *coating* dengan memanfaatkan polimer alam dan silika sebagai pelapis dasar *handrail* pada bangunan lepas pantai.

1.5 Batasan Masalah

Pembatasan masalah yang diberikan untuk menghindari pembahasan isi yang melebar adalah dengan memberikan beberapa asumsi sebagai berikut:

1. Baja *tester* yang digunakan adalah baja ASTM A36.
2. Penambahan berat spesimen diabaikan.
3. Perbedaan lama waktu pengeringan diabaikan.
4. *Dust particle* diabaikan.
5. Pengujian kekuatan adhesi *coating* dengan menggunakan ASTM D4541 metode *pull-off test Type V*.
6. Perlakuan panas terhadap lapisan *coating* pada baja dengan menggunakan metode *Thermal Cycle* dengan suhu ditentukan berdasarkan ASTM D1349-09.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Coating merupakan salah satu perlindungan baja dan besi dari terjadinya korosi. Material *coating* pada umumnya terdiri dari bahan-bahan kimia yang tidak ramah lingkungan. Begitu pula proses *coating* yang dilakukan, tidak semua fabrikator memiliki teknologi yang memadai untuk proses *coating* yang dilakukan. Oleh karena itu, penelitian terhadap material *coating* yang ramah lingkungan dengan efisiensi biaya sudah banyak dikembangkan. Penelitian-penelitian tersebut merupakan referensi dari penelitian tugas akhir ini. Penelitian dengan judul Pelapisan Hidrofobik pada Kaca dengan Metode Sol-Gel Berbasis *Waterglass* yang menghasilkan kesimpulan teknik *dip coating* pada proses pelapisan menggunakan SiO₂ atau silika memiliki tingkat keberhasilan hidrofobik pada kaca lebih dari 90° bahkan mencapai 142.5° mendekati super hidrofobik (Ambarwati dan Vicky, 2010).

Penelitian terhadap getah pohon damar sebagai salah satu polimer alam untuk dijadikan vernis memberikan ide untuk beberapa penelitian berikutnya (Edriana dkk, 2004). Penggunaan polimer alam sebagai pendamping dari silika yang memiliki sifat rapuh dan kurang stabil, dibuktikan oleh penelitian dengan judul Karakterisasi Material Campuran SiO₂ dan Getah Flamboyan (*Delonix regia*) sebagai Material *Coating* Pencegah Korosi pada Baja (Rochmat, 2016). Dari penelitian tersebut, material campuran dapat bekerja dengan baik untuk mencegah terjadinya korosi karena sifat dari getah flamboyan yang stabil dan fleksibel. Selain itu, terdapat penggunaan variasi untuk temperatur dan waktu *dip coating* dapat berpengaruh pada kristalisasi dan ketebalan pada lapisan *coating* dengan judul penelitian Pengaruh Variasi Temperatur dan Waktu Difusi *Hot Dip Alumizing* terhadap Ketahanan Erosi dan Temperatur Tinggi pada Material SA 106 Grade B (Sudiashri, 2012). Akan tetapi, pada penelitian diatas kekuatan adhesi dari lapisan *coating* belum diketahui. Oleh karena itu, dari beberapa penelitian diatas akan dilakukan penelitian terhadap penggunaan polimer alam

getah karet (*Hevea brasiliensis*) dengan silika sebagai larutan *coating* dengan variasi temperatur dan frekuensi *dip coating* untuk menghasilkan variasi yang memiliki gaya adhesi yang baik setelah diberikan perlakuan panas.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Polimer

Polimer merupakan senyawa kimia yang memiliki massa molekul yang tinggi dan terbentuk dari proses polimerisasi monomer. Monomer merupakan senyawa sederhana penyusun polimer. Reaksi antar monomer yang saling bergabung akan membentuk senyawa polimer. Pada dasarnya, sifat dari monomer sangat mudah bereaksi dengan monomer lainnya. Akan tetapi, polimer yang sudah terbentuk dari gabungan monomer memerlukan katalisator untuk melakukan reaksi pembentukan maupun pemecahan.

Proses polimerisasi senyawa polimer terbagi menjadi dua jenis, yaitu polimerisasi adisi dan polimerisasi kondensasi. Polimerisasi adisi adalah proses pembentukan polimer yang terjadi akibat reaksi penggabungan monomer yang memiliki ikatan rangkap (kimia). Sedangkan, polimerisasi kondensasi merupakan proses pembentukan polimer yang terjadi akibat penggabungan monomer dengan gugus fungsi yang dapat bereaksi (alami). Polimer dibedakan menjadi dua jenis berdasarkan monomer yang menyusun yaitu, polimer alam dan polimer buatan (sintetis) (Perry dkk, 2008).

1. Polimer Alam

Polimer alam merupakan gabungan dari monomer-monomer dengan gugus fungsi seperti penyusun protein yang terbentuk melalui proses polimerisasi kondensasi. Beberapa contoh dari polimer alam adalah pati, glikogen, amilopektin, selulosa, kitin, protein, asam nukleat, dan karet alam. (Winarto, 2012). Reaksi yang terbentuk merupakan reaksi biologi antar monomer.

a. Karet alam

Karet alam (polyisoprene) merupakan salah satu contoh dari polimer alam yang merupakan susunan dari monomer protein. Getah karet memiliki sifat fisika yaitu, berat jenis 0.93×10^3 ; dan *melting point* 180°C .



Gambar 2.1 Pohon karet (<http://www.jaringnews.com>)

2. Polimer Buatan (Sintetis)

Polimer buatan merupakan senyawa polimer buatan manusia yang di reaksi dengan proses polimerisasi adisi. Polimer buatan digolongkan menjadi 4 macam berdasarkan kegunaan, yaitu termoplastik, termoset, elastomer, dan serat sintetis. Contoh dari polimer buatan adalah polisiloksana, polifosfazena, polipropilena, dan polistirena. (Winarto, 2012).

2.2.2. Silika (SiO_2)

Silika atau silikon dioksida merupakan nanopartikel dasar yang memiliki stabilitas dan rendah racun pada penelitian biomedis sehingga dapat difungsikan sebagai berbagai macam hal dengan pencampuran molekul dan polimer. Sifat fisika dari silika yaitu memiliki massa jenis 2.4 g/cm^3 , *melting point* silika = 1600°C , dan *boiling point* = 2230°C . Beberapa kegunaan silika yaitu sebagai zat penambah dan pelengkap dari karet dan plastik, penguat dari *filler* beton dan

konstruksi lainnya, serta penstabil untuk proses pengiriman obat di bidang medis (AzoNano, 2013).



Gambar 2.2 *Waterglass (silica gel)*

2.2.3. Baja

Baja merupakan logam campuran dari logam besi dengan karbon. Kandungan unsur karbon yang terdapat di dalam baja bergantung pada *grade* yang dimiliki oleh baja. Kandungan unsur karbon tersebut akan berpengaruh pada *hardness* dan *tensile strength*. Semakin banyak unsur karbon yang dimasukkan, maka *hardness* dan *tensile strength* pada baja akan semakin bertambah. Akan tetapi, struktur baja akan menjadi lebih getas (*brittle*) atau keuletannya (*ductility*) menurun.

1. Baja Karbon Rendah

Baja karbon rendah merupakan baja yang mengandung kurang dari 0.3% C. Baja karbon rendah ini sering digunakan dalam fabrikasi untuk pembuatan struktur bangunan laut. ASTM A36 merupakan salah satu contoh dari baja karbon rendah. Baja karbon rendah memiliki berat struktur yang ringan daripada baja karbon lainnya.

2. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang merupakan baja karbon yang memiliki konsentrasi karbon antara 0.3% hingga 0.6%. Dengan konsentrasi tersebut, tidak mudah untuk memproses baja ini sebagai hasil produk. Baja ini lebih berat dan lebih kuat dari baja karbon rendah.

3. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi merupakan baja karbon dengan konsentrasi karbon antara 0.6% hingga 1.7%. Baja jenis ini memiliki ketahanan panas yang tinggi namun termasuk rapuh karena kandungan karbon yang tinggi.

Pada penelitian ini, baja yang digunakan merupakan baja karbon rendah ASTM A36. Karakteristik dari baja karbon rendah ASTM A36 ini adalah baja karbon rendah yang memiliki kekuatan bentuk yang baik. A36 mudah untuk diproses dan aman saat dilakukan pengelasan terutama SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*). A36 merupakan baja struktur yang perlindungan korosinya umumnya dilakukan dengan cara *galvanizing*.

Plat baja A36 biasanya digunakan untuk beberapa pengaplikasian, bergantung pada ketebalan dan ketahanan baja terhadap korosi. Beberapa pengaplikasiannya adalah; bangunan, bangunan pra-fabrikasi, *workshop*, dan pembangunan industry; Peralatan rumah, lemari; Perpipa

Tabel 2.1. Tabel Kandungan Kimia ASTM A36

| Komposisi | Kandungan |
|---------------------|-----------|
| Carbon, max. % | 0.026 |
| Manganese, max% | 0 |
| Phosphorous, max. % | 0.04 |
| Sulfur, max. % | 0.05 |
| Copper, max. % | 0.2 |
| Silicon, max. % | 0.4 |

Sumber: www.onealsteel.com

Tabel 2.2. Tabel *Physical Properties* ASTM A36

| <i>Properties</i> | |
|------------------------|-------|
| Tensile Strength (ksi) | 58-80 |
| Yield 2% Offset (ksi) | 36 |

Sumber: www.onealsteel.com



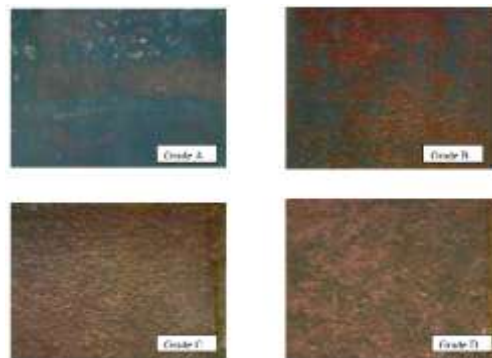
Gambar 2.3 Plat Baja ASTM A36 (www.geraibaja.co.id)

2.2.4. Persiapan Permukaan

Persiapan permukaan yang dilakukan pada baja dapat dilakukan dengan berbagai cara. Pembersihan dengan gerinda, poles, amplas, dan *blasting*.

1. *Blasting*

Proses *blasting* merupakan proses persiapan spesimen yang dilakukan dengan penyemprotan material *blasting* pada spesimen sehingga semua kotoran yang menempel pada spesimen akan terlepas. Berdasarkan ISO 8501-1 tentang Beberapa Gambar dari Standar Persiapan Material, menjelaskan tentang penggolongan kondisi dari permukaan material yang akan dilakukan persiapan permukaan spesimen.



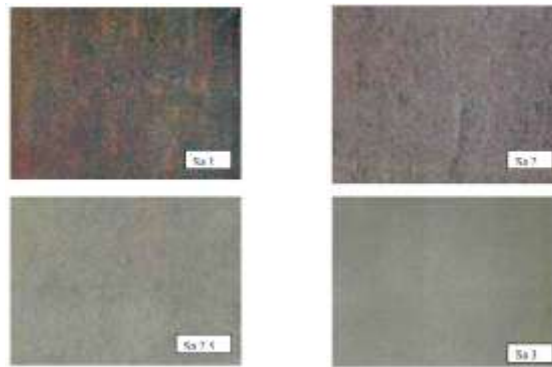
Gambar 2.4 Kondisi permukaan spesimen sebelum proses *blasting* (ISO 8501-1)

Dengan keterangan:

- a. *Grade A* : kondisi permukaan sedikit terdapat kotoran dari karat.

- b. *Grade B* : kondisi permukaan mulai terkorosi dimana *mill scale* sudah beberapa yang mengelupas.
- c. *Grade C* : kondisi permukaan sudah mengelupas hingga terlihat beberapa *pitting* pada permukaan apabila dilihat dengan mikroskop.
- d. *Grade D* : kondisi permukaan dimana *mill scale* sudah mengelupas seluruhnya dan korosi *pitting* dapat dilihat dengan mata telanjang.

Selain itu, pada ISO 8501-1 menggolongkan tingkat persiapan spesimen dari mulai standar persiapan terendah hingga dengan hasil terbersih.



Gambar 2.5 Standar Sa yang digunakan pada *blasting* (ISO 8501-1)

Dengan keterangan:

- a. *Sa 1 (Light Blast-Cleaning)* : Hasil pembersihan pada standar ini jika dilihat tanpa pembesaran, material akan bersih dari minyak, kotoran karat, dan material luar lainnya.
- b. *Sa 2 (Thorough Blast-Cleaning)* : Hasil pembersihan apabila dilihat tanpa pembesaran akan bersih dari minyak, kotoran karat, cat, dan material luar, serta beberapa kontaminasi dari luar akan menempel.
- c. *Sa 2.5 (Very Thorough Blast-Cleaning)* : Hasil pembersihan dilihat tanpa pembesaran akan bersih dari minyak, kotoran karat, cat, dan material luar lainnya serta material akan terlapisi sehingga hanya sedikit bekas karat yang terlihat.

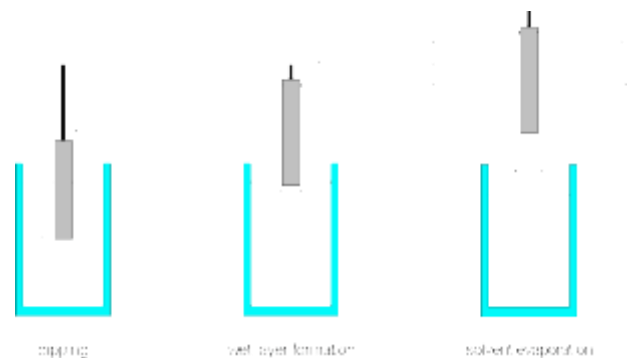
- d. Sa 3 (*Blast-Cleaning to Visually Clean Steel*) : Hasil pembersihan jika dilihat tanpa pembesaran, material akan terlihat terlapisi oleh warna metalik.

2.2.5. Pelapisan Baja

Pelapisan material atau *coating* merupakan salah satu cara pencegahan korosi pada besi dan baja dengan melapisi permukaan besi dan baja dengan menggunakan material *coating* yang sesuai dengan kegunaan dan jenis besi dan baja yang akan dilindungi. Proses pelapisan material bergantung pada ukuran material dan kegunaan material pada struktur. Pelapisan material dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. *Dip Coating*

Proses pelapisan ini dilakukan dengan cara membenamkan material kedalam lelehan larutan *coating* atau pada umumnya disebut *hot dipping*. Pada proses ini, titik leleh dari material yang akan dilapisi harus lebih tinggi daripada titik leleh material *coating*. Material yang biasanya digunakan dalam proses *dip coating* ini adalah baja dan besi. Sedangkan material *coating* yang biasanya digunakan adalah aluminium dan *zinc*. (www.ignou.ac.in)

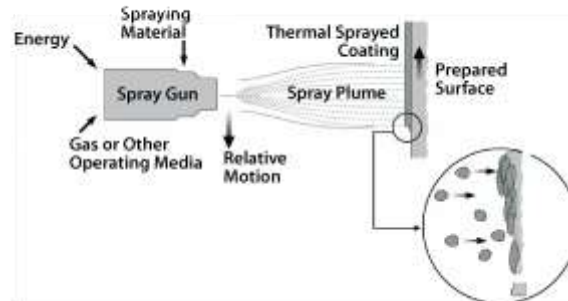


Gambar 2.6 *Dip Coating* (www.solgel.com)

2. *Sprayed Coating*

Proses ini dikenal pada umumnya adalah *metal spraying*. Proses ini dilakukan dengan cara penyemprotan material yang akan dilapisi dengan logam *wire* atau *powder*. Sebelum dilakukan pelapisan, permukaan akan dibersihkan (*blasting*)

untuk memastikan bahwa semprotan metal pelapis dapat menempel dan memiliki daya adhesi yang baik. (www.ignou.ac.in)



Gambar 2.7 *Sprayed Coating* (www.thefabricator.com)

2.2.6. Pengujian Kekuatan Adhesi

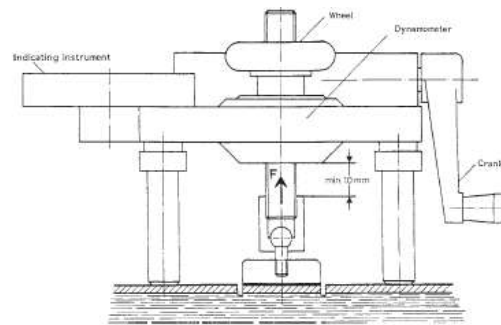
Pengujian kekuatan adhesi dari lapisan *coating* dapat dilakukan dengan metode *pull-off test*. Menurut ASTM D 4541-02 metode *pull-off test* dibedakan menjadi 5 tipe, antara lain:

1. *Fixed-Alignment Adhesion Tester* Tipe I

Pada pengujian tipe ini, alat yang digunakan merupakan alat pengetesan gabungan yang terdiri dari kompresor aluminium dengan diameter 50mm, *pressure gage*, *dinamometer*, *wheel*, dan *crank*. Daya tarik pada alat pengujian ini terdiri dari 5, 15, 25, dan 50 kilo Newton dengan *range* 2.5 MPa.



Gambar 2.8 Komponen alat *Fixed-Alignment Adhesion Tester* Tipe I (ASTM D 4541-02, 2002)



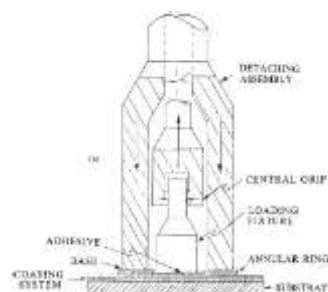
Gambar 2.9 Sistematika *Fixed-Alignment Adhesion Tester* Tipe I (ASTM D 4541-02, 2002)

2. *Fixed-Alignment Adhesion Tester* Tipe II

Pengujian ini dilakukan dengan *tester* aluminium diameter 20 mm yang menancap pada permukaan spesimen. Penarik dari alat ini merupakan *circular T-bolt* dengan keterangan besar gaya penarikan. Alat ini memiliki 4 *range* tekanan penarikan. Dari 3.5, 7.0, 14, dan 28 MPa.



Gambar 2.10 Komponen alat *Fixed-Alignment Adhesion Tester* Tipe II (ASTM D 4541-02, 2002)



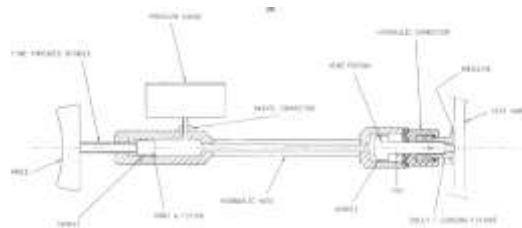
Gambar 2.11 Sistematika *Fixed-Alignment Adhesion Tester* Tipe II (ASTM D 4541-02, 2002)

3. *Self-Aligning Adhesion Tester* Tipe III

Pengujian ini menggunakan sebuah *dolly* dengan diameter dalam 3 mm, diameter luar 19 mm, dan alat bor piston dengan diameter yang menyesuaikan ukuran dari *dolly* tersebut. Pengujian dapat dilakukan dengan 3 *range* kerja: 0 – 10 MPa, 0 – 15 MPa, dan 0 – 20 MPa.



Gambar 2.12 Komponen alat *Self-Aligning Adhesion Tester* Tipe III (ASTM D 4541-02, 2002)



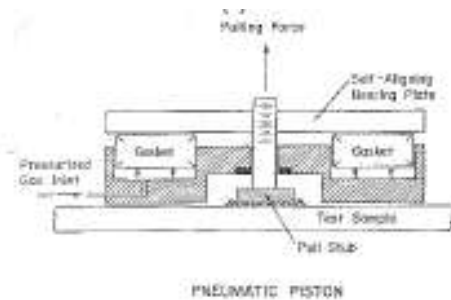
Gambar 2.13 Sistematika *Self-Aligning Adhesion Tester* Tipe III (ASTM D 4541-02, 2002)

4. *Self-Alignment Adhesion Tester* Tipe IV

Peralatan yang digunakan pada pengujian tipe ini merupakan alat dengan diameter pengetesan sebesar 12.5 mm yang terhubung pada suatu alat pengontrol tekanan dan *pressure gage* atau sensor elektronik. Pengujian dengan menggunakan alat ini dapat dilakukan dengan 6 *range* kerja dimulai dari 3.5 MPa dengan kelipatan dua hingga 70 MPa.



Gambar 2.14 Komponen alat *Self-Alignment Adhesion Tester* Tipe IV (ASTM D 4541-02, 2002)



Gambar 2.15 Sistematika *Self-Alignment Adhesion Tester* Tipe IV (ASTM D 4541-02, 2002)

5. *Self-Aligning Adhesion Tester* Tipe V

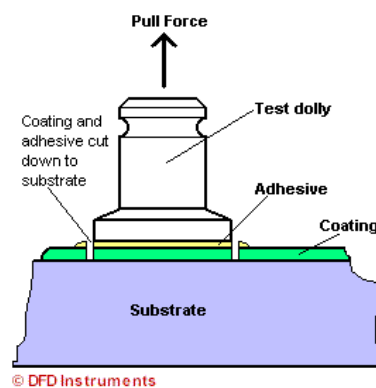
Pengujian kekuatan adhesi ini dilakukan dengan menempelkan sebuah *dolly* dengan diameter 20 mm pada permukaan lapisan *coating*. *Dolly* tersebut ditahan oleh sebuah kompresor yang dihubungkan dengan pompa hidrolik. Kekuatan pengujian terdapat 2 *range*, *dolly* diameter 20 mm memiliki range kerja 0 – 7 MPa dan *dolly* diameter 20 – 50 mm memiliki range kerja 0 – 21 MPa.



Gambar 2.16 Peralatan *Pull-off Test self-aligning tester* Type V (ASTM D 4541-02, 2002)



Gambar 2.17 Sistematisa *Pull-off Test self-aligning tester Type V* (ASTM D 4541-02, 2002)



Gambar 2.18 Konsep *Pull-off Test* (DFD Instrument)

2.2.7. Perlakuan Panas

Perlakuan panas pada spesimen yang telah dilapisi dengan menggunakan standar dari ASTM D1349-09 tentang Standar Temperatur untuk Pengujian Karet. Perlakuan panas ini difungsikan sebagai *hot press* setelah pelapisan spesimen yang bertujuan sebagai pembantu perekatan dari lapisan *coating*.



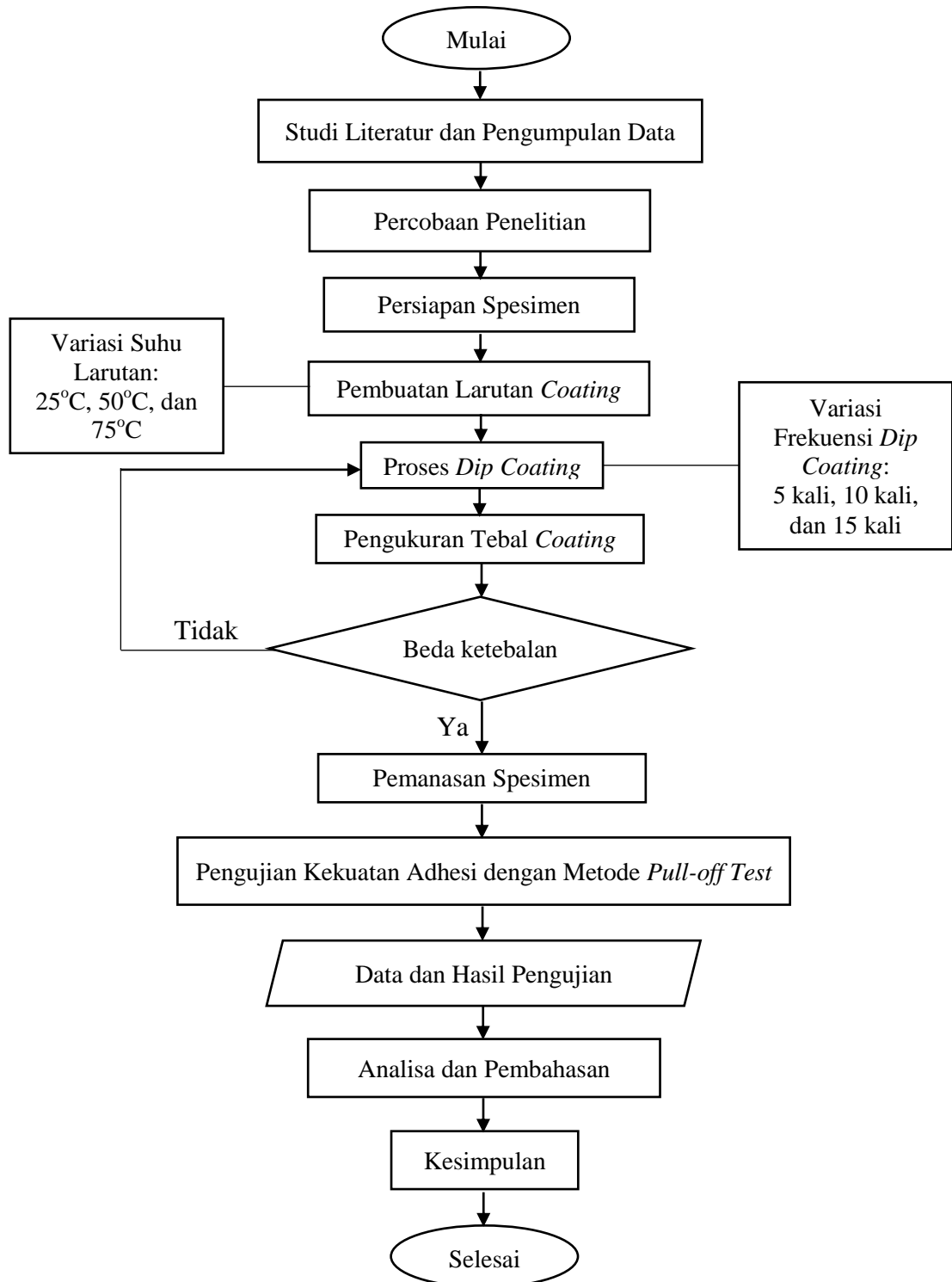
Gambar 2.19 Mesin *furnace*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.2. Penjelasan Prosedur Penelitian

Tahap-tahap yang dilakukan dalam penyelesaian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

3.2.1. Studi Literatur dan Pengumpulan Data, Alat, serta Material

1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari dan mempelajari beberapa jurnal penelitian, beberapa Tugas Akhir, dan *codes* atau *standard* yang terkait.

2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan merupakan pengumpulan data untuk pembuatan persiapan penelitian. Pengumpulan alat dan bahan serta material yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir. Pengumpulan data dari beberapa percobaan terkait tentang penggunaan getah karet dalam industri untuk petunjuk dari pembuatan larutan *coating* diperlukan dari beberapa sumber buku. Beberapa alat dan bahan yang disiapkan adalah plat baja karbon rendah ASTM A36, *waterglass*, getah karet (*Hevea brasiliensis*), amplas gerinda dengan grid #80, serta tali penggantung. Beberapa data lain yang dikumpulkan yaitu larutan untuk pembersih bakteri pada getah karet dan zat pelarut untuk melarutkan getah karet.

3.2.2. Percobaan Penelitian

Percobaan penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan hasil terbaik pada penelitian ini. Kategori baik apabila larutan *coating* merupakan larutan homogen dan lapisan *coating* dapat melekat pada spesimen. Percobaan dilakukan berdasarkan dari persiapan spesimen dan persiapan larutan, dengan penjelasan sebagai berikut:

3.2.2.1 Percobaan Penentuan *Surface Preparation* Spesimen

Penelitian ini merupakan penelitian yang pertama kali dilakukan untuk pengembangan pada bidang *coating*. Pada penelitian ini bertujuan untuk pengaplikasian pada baja karbon yang digunakan saat pengoperasian pada suhu kurang dari 120°C sebagai pengaplikasian pada *handrail* bangunan lepas pantai. Untuk menentukan *surface preparation* terbaik pada penelitian ini, dilakukan dua

percobaan *surface preparation* menggunakan gerinda dan lainnya menggunakan *blasting* Sa 3.

a. Persiapan Permukaan dengan Gerinda.

Pada persiapan permukaan ini, spesimen sampel dengan ukuran dimensi 100 mm x 50 mm x 10 mm dibersihkan menggunakan gerinda dengan amplas gerinda grid #80. Persiapan permukaan ini menghasilkan lapisan permukaan spesimen yang berkilau seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Pembersihan spesimen dengan gerinda

Permukaan spesimen yang telah dibersihkan akan diukur kekasaran menggunakan *elcometer* seperti pada Gambar 3.3 untuk dibandingkan dengan kekasaran hasil *blasting*.



Gambar 3.3 Pengukuran kekasaran spesimen gerinda

Nilai kekasaran pada tiga titik yang berbeda dari permukaan spesimen gerinda dapat dilihat pada Tabel 3.1, sebagai berikut:

Tabel 3.1 Nilai Kekasaran Permukaan Spesimen Gerinda

| Titik | Nilai Per Titik (μm) | Rata-Rata (μm) |
|-------|-----------------------------------|-----------------------------|
| A | 18 | 25 |
| B | 38 | |
| C | 20 | |

Dengan kekasaran permukaan sebesar 25 μm saat pencelupan spesimen kedalam larutan *coating*, lapisan *coating* pertama yang menempel pada permukaan terlihat lebih tebal dan setelah dikeringkan selama satu hari, lapisan *coating* pertama terlihat tidak meresap pada spesimen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Hasil pencelupan pada spesimen gerinda

b. Persiapan Permukaan dengan *Blasting* Sa 3.

Pada proses persiapan permukaan dengan *blasting* Sa 3 ini, material *blasting* yang digunakan adalah *steel grit* grid #18. Spesimen hasil dari proses *blasting* dengan Sa 3 ini memiliki permukaan yang tidak mengkilap dan bergerigi seperti pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Permukaan spesimen setelah *blasting*

Pemilihan Sa 3 bertujuan untuk mendapatkan perbedaan kekasaran yang tinggi dengan persiapan gerinda, sehingga perbedaan yang didapat lebih jelas. Setelah

spesimen di-*blasting*, kekasaran permukaan diukur menggunakan *elcometer* seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Pengukuran kekasaran permukaan spesimen *blasting*

Dari pengukuran tiga titik yang berbeda pada spesimen *blasting*, didapatkan data kekasaran permukaan spesimen pada Tabel 3.2, sebagai berikut:

Tabel 3.2 Nilai Kekasaran Permukaan Spesimen *Blasting*

| Titik | Nilai Per Titik (μm) | Rata-Rata (μm) |
|-------|-----------------------------------|-----------------------------|
| A | 98 | 102 |
| B | 100 | |
| C | 108 | |

Dari data kekasaran permukaan spesimen *blasting* didapatkan rata-rata kekasaran sebesar 102 μm . Pada saat percobaan dengan mencelupkan spesimen kedalam larutan *coating*, lapisan pertama *coating* terlihat lebih meresap dan jika dikeringkan dalam sehari akan terlihat lapisan yang benar-benar meresap kedalam lapisan permukaan spesimen seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Hasil pencelupan pada spesimen *blasting*

Dari kedua percobaan tersebut, pada proses persiapan permukaan atau *surface preparation* spesimen sebelum dilakukan peng-coating-an dipilih menggunakan metode *blasting*. Metode ini dipilih karena hasil yang didapatkan apabila dibandingkan dengan metode gerinda, akan lebih menempel pada permukaan spesimen. Dari percobaan diatas juga didapatkan hasil bahwa kekasaran material akan mempengaruhi peresapan larutan *coating* pada permukaan. Semakin tinggi kekasaran permukaan spesimen, maka larutan *coating* akan lebih meresap pada permukaan spesimen.

3.2.2.2 Percobaan Penentuan Perbandingan Komposisi Larutan *Coating*

Pada penelitian ini, larutan *coating* yang digunakan merupakan larutan *coating* yang dibuat sendiri dengan menyampurkan larutan getah karet yang terbuat dari 100 gram getah karet yang dilarutkan kedalam 1000ml toluena dengan *waterglass* atau silika. Larutan *coating* yang dapat digunakan untuk proses *dip coating* adalah larutan *coating* campuran yang homogen atau dapat bercampur dengan sempurna tanpa ada penggumpalan dan pemisahan larutan antara larutan getah karet dengan *waterglass*. Pencampuran larutan *coating* harus dilakukan dengan perbandingan antara komposisi dari larutan getah karet dengan *waterglass* yang tepat. Untuk menemukan perbandingan yang tepat dalam pembuatan larutan *coating* ini, dilakukan percobaan pencampuran larutan dengan perbandingan larutan getah karet dengan *waterglass* 2:3 dan 2:1 sebagai berikut:

3.2.2.2.1 Pelarutan dengan Perbandingan Komposisi 2:3

Untuk proses pembuatan larutan *coating* pada penelitian ini, menggunakan campuran larutan getah karet yang terbuat dari larutan getah karet yang sudah didiamkan selama dua hari yang dicampurkan dengan *waterglass* atau silika kedalam *beaker glass* 600 ml. Pada percobaan ini, 200 ml larutan getah karet dimasukkan kedalam *beaker glass* lalu ditambah dengan 300 ml *waterglass* dan diaduk menggunakan *stirer*. Setelah dilakukan pengadukan, kedua larutan tidak dapat bercampur hingga homogen. Larutan *waterglass* pada *beaker glass* yang telah didiamkan selama 15 menit akan memisahkan diri dari larutan getah karet seperti Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Larutan *coating* dengan perbandingan 2:3

Dari pencampuran tersebut, sifat dari kedua larutan sangat berpengaruh terhadap sifat kelarutannya. Sifat dari *waterglass* merupakan larutan yang bersifat *water based* dimana larutan dapat terlarut dalam air dan mengandung air. Namun, sifat dari toluena sebagai pelarut getah karet merupakan larutan *oil based* dimana dapat terlarut dalam minyak dan mengandung minyak. Toluena dapat larut dalam air dengan perbandingan konsentrasi yang tepat. Menurut wikipedia, toluena dapat larut dalam air pada konsentrasi 0.52 g/L pada suhu 20°C. Oleh karena itu, pelarutan dengan perbandingan ini tidak dapat membuat kedua larutan bercampur secara homogen. Pada saat pengetesan dengan mencelupkan spesimen pada larutan dengan perbandingan ini, lapisan *coating* tidak ada yang menempel pada spesimen pada saat diangkat.

3.2.2.2.2 Pelarutan dengan Perbandingan Komposisi 2:1

Pelarutan yang dilakukan pada percobaan ini adalah dengan mencampurkan 200 ml larutan getah karet dengan 100 ml *waterglass* didalam *beaker glass* dan diaduk menggunakan *stirrer*. Setelah diaduk selama 10 menit, kedua larutan dapat bercampur hingga homogen seperti pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Larutan *coating* dengan perbandingan 2:1

Larutan *coating* dengan perbandingan ini saat dilakukan percobaan dengan mencelupkan spesimen, larutan *coating* dapat menempel dan membentuk lapisan *coating* pada permukaan spesimen.

Dari kedua percobaan tersebut didapatkan bahwa untuk pencampuran larutan yang memiliki perbedaan sifat larutan harus memperhatikan komposisi dari larutan *water based* dan larutan *oil based*. Untuk mendapatkan larutan yang dapat bercampur hingga homogen, komposisi dari larutan *oil based* harus lebih banyak dari larutan *water based*. Dari konsep tersebut didapatkan perbandingan komposisi larutan *coating* yang dapat bercampur hingga homogen. Perbandingan 2:1 dari larutan getah karet dengan *waterglass* merupakan komposisi yang tepat untuk membuat larutan *coating* yang baik.

Selain itu, percobaan juga dilakukan dengan menggunakan lem PVC (*polyvinyl chloride*) jadi. Lem PVC *oil based* dicampur dengan menggunakan toluena dengan perbandingan 2:1. Namun setelah dilakukan pencelupan spesimen kedalam larutan *coating* lem PVC dengan toluena, hasil lapisan *coating* tampak terdapat gelembung-gelembung udara seperti pori-pori (porositas) dan mudah menggumpal meskipun hanya dilakukan 5 kali pencelupan yang dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10 Hasil pencelupan dengan larutan *coating* lem PVC

3.2.3 Persiapan Penelitian

Beberapa persiapan yang dilakukan untuk penelitian ini yaitu mempersiapkan beberapa bahan utama penelitian yaitu getah karet dan *waterglass* yang nantinya akan diproses sebagai larutan *coating* di Laboratorium Kimia

Organik D3 Teknik Kimia FTI-ITS. Sedangkan, untuk pengujian akan dilakukan di CV. Cipta Agung dan Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin FTI-ITS.

3.2.3.1 Alat Penelitian

Beberapa peralatan yang digunakan untuk penelitian tugas akhir ini antara lain:

- a. Gerinda,
- b. Amplas gerinda grid #80,
- c. Tali,
- d. Gelas ukur,
- e. *Beaker Glass* 600 ml,
- f. Timbangan digital,
- g. Jangka sorong,
- h. *Magnetic stirrer*,
- i. Spidol putih,
- j. Pisau,
- k. *Stirrer*,
- l. Sendok,
- m. Sarung tangan karet,
- n. Tabung Elenmeyer,
- o. Termometer,
- p. Timba,
- q. Mesin *furnace*,
- r. *Manual Adhesion Tester*,
- s. Material *blasting steel grid* #18,
- t. *Elcometer*.

3.2.3.2 Bahan Penelitian

Beberapa bahan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Bahan Spesimen, berupa:
 - a. Baja Karbon A36

2. Bahan baku *coating*, berupa:
 - a. Getah karet (*Hevea brasiliensis*),
 - b. *Waterglass*,
3. Toluena,
4. H_2O_2 ,
5. *Aquades*

3.2.4 Persiapan Spesimen

Spesimen yang digunakan dalam penelitian merupakan plat baja karbon rendah ASTM A36. Pemilihan material ini berdasarkan material yang sering digunakan pada pembuatan peralatan luar bangunan lepas pantai (Norsok Standard, 1994). Persiapan spesimen dilakukan dengan beberapa langkah yaitu:



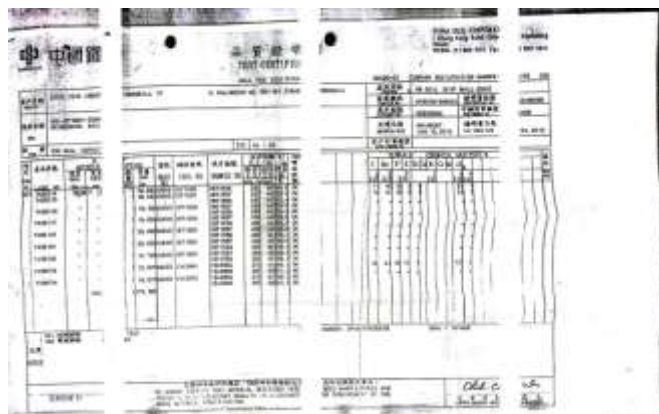
Gambar 3.11 Diagram Alir Persiapan Spesimen

3.2.4.1 Pemotongan Material

Spesimen yang digunakan berbentuk persegi panjang dengan ketebalan 10 mm. Spesimen dipotong dengan ukuran dimensi 100 mm x 50 mm x 10 mm. Penentuan dimensi spesimen uji ini berdasarkan kebutuhan untuk pengujian *pull-off* lapisan *coating*. Ukuran *dolly* sebagai alat pembantu lem adhesif yang ditempelkan pada lapisan *coating* memiliki diameter 20 mm, sedangkan penarik *dolly* pada alat pengetesan adhesif memiliki tebal kurang lebih 10 mm. Dari ukuran *dolly* dan alat tersebut, besar lebar spesimen menggunakan 50 mm. Penentuan tinggi spesimen berdasarkan *dolly* dan alat pengujian adhesif serta penamaan spesimen. Proses pemotongan spesimen dari plat baja karbon rendah hingga menjadi potongan-potongan spesimen dapat dilihat pada Gambar 3.12 hingga Gambar 3.16 sebagai berikut:



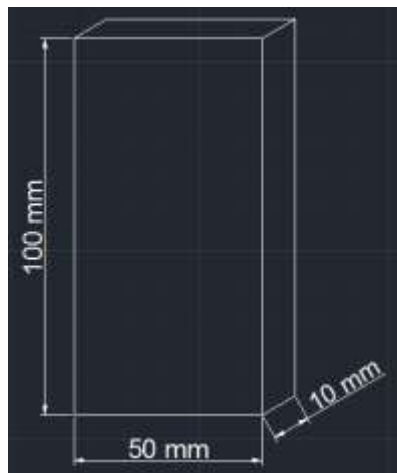
Gambar 3.12 Material Baja A36



Gambar 3.13 Sertifikat Material Baja A36



Gambar 3.14 Proses Pemotongan Material



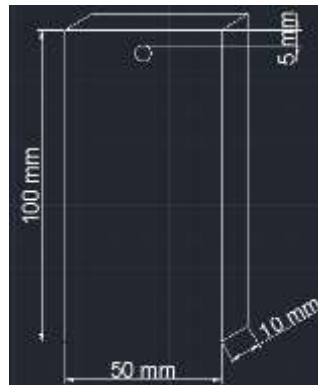
Gambar 3.15 Ukuran Pemotongan Spesimen



Gambar 3.16 Hasil pemotongan spesimen

3.2.4.2 Pengeboran Ujung Spesimen

Setelah dipotong, bagian tengah atas dengan jarak lebih kurang 5 mm dilubangi yang berfungsi untuk pemasangan tali penggantung pada spesimen. Ukuran diameter lubang 5 mm. Untuk detail penjelasan dari dimensi letak dan ukuran lubang pengeboran dapat dilihat pada Gambar 3.17.



Gambar 3.17 Ukuran Pengeboran Ujung Spesimen

3.2.4.3 Persiapan Permukaan Spesimen

Sebelum dilakukan persiapan permukaan atau *surface preparation*, sisa-sisa potongan plasma dibersihkan menggunakan gerinda dengan grid #80. Setelah pembersihan, dilakukan persiapan permukaan pada spesimen menggunakan metode *blasting* Sa 3. Material *blasting* yang digunakan adalah *steel grid* #18. Proses *blasting* dilakukan dengan penyemprotan material *sand blasting* menggunakan tekanan 7 bar. Proses *blasting* dilakukan pada *blasting chamber*. Proses dan hasil *blasting* dapat dilihat pada Gambar 3.18 dan Gambar 3.19.



Gambar 3.18 Ruang *blasting* (kiri) dan proses *blasting* spesimen (kanan)



Gambar 3.19 Hasil *blasting* spesimen

3.2.4.4 Pemasangan Tali dan Penandaan Spesimen

Spesimen yang telah di-*blasting*, akan dipasang tali dan ditandai (dengan menggunakan sarung tangan) sebelum dilakukan *dip coating*. Pemasangan tali berfungsi untuk proses pengeringan setelah *dip coating* dan penandaan digunakan untuk mempermudah dalam menganalisa perbedaan hasil dari setiap variasi. Hasil pemasangan tali dan penandaan dapat dilihat pada Gambar 3.20.



Gambar 3.20 Hasil pemasangan tali (kiri) dan penandaan pada spesimen (kanan)

Penandaan spesimen digolongkan menjadi dua bagian, yaitu golongan spesimen tanpa perlakuan panas dan golongan spesimen dengan perlakuan panas. Untuk mempermudah penandaan pada spesimen, penandaan tersebut dimasukkan kedalam dua tabel matriks berdasarkan golongan masing-masing yang dapat dilihat pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4, sebagai berikut:

Tabel 3.3 Matriks Penandaan Spesimen Tanpa Perlakuan Panas

| Suhu Larutan Coating | Frekuensi Pencelupan | | |
|----------------------|----------------------|------------|------------|
| | 5 kali | 10 kali | 15 kali |
| 25°C | Spesimen A | Spesimen C | Spesimen E |
| 50°C | Spesimen G | Spesimen I | Spesimen K |
| 75°C | Spesimen M | Spesimen O | Spesimen Q |

Pada tabel matriks ini dijelaskan bahwa seluruh spesimen pada tabel matriks ini tidak akan diberikan perlakuan panas sebelum *pull-off test*. Spesimen A merupakan spesimen yang akan dilakukan 5 kali pencelupan pada larutan *coating* dengan suhu larutan 25°C. Begitu pula pada spesimen C merupakan spesimen yang akan dilakukan 10 kali pencelupan pada larutan *coating* dengan suhu larutan 25°C. Begitu pula selanjutnya hingga pada spesimen Q merupakan spesimen yang akan dilakukan 15 kali pencelupan pada larutan *coating* dengan suhu larutan 75°C.

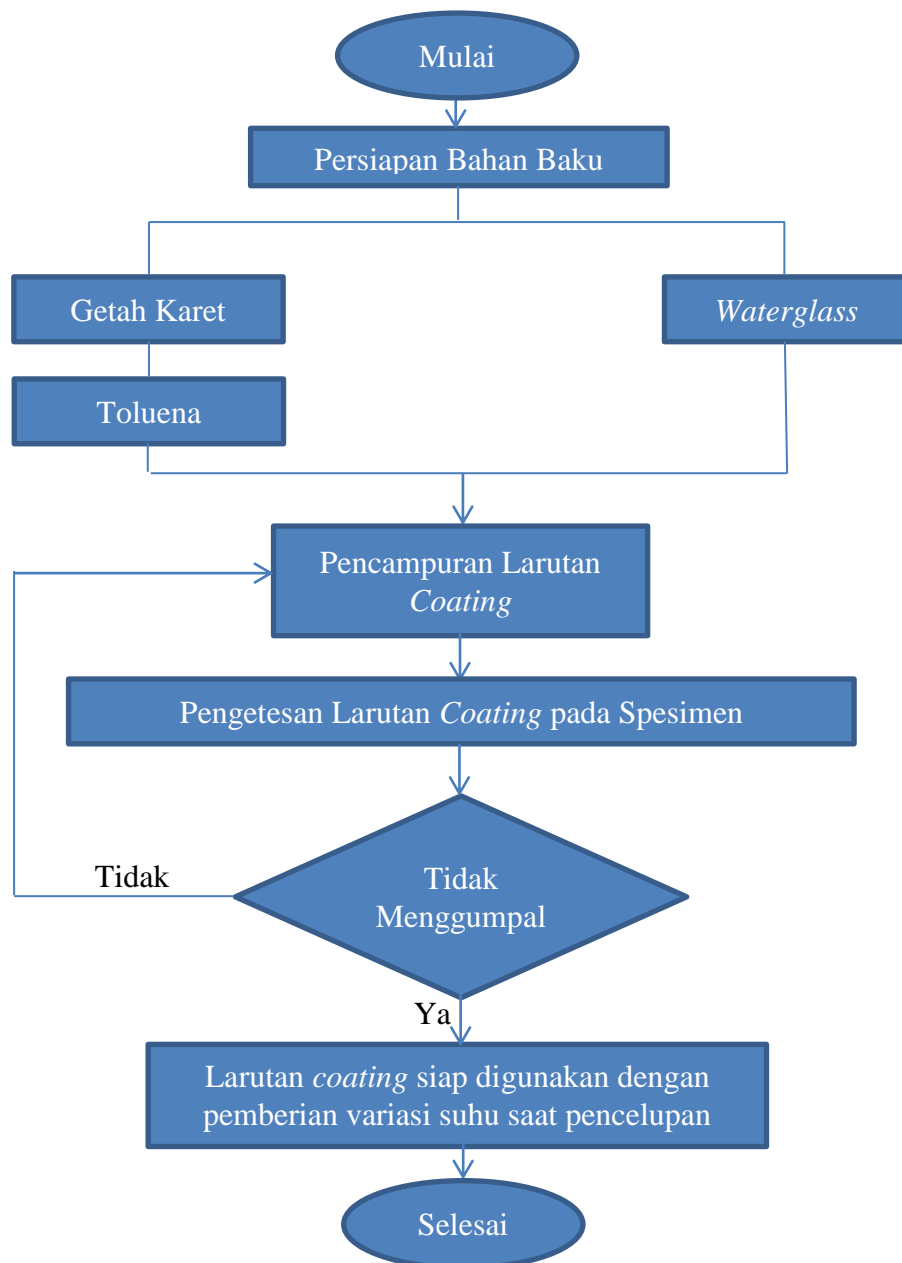
Tabel 3.4 Matriks Penandaan Spesimen Dengan Perlakuan Panas

| Suhu Larutan Coating | Frekuensi Pencelupan | | |
|----------------------|----------------------|------------|------------|
| | 5 kali | 10 kali | 15 kali |
| 25°C | Spesimen B | Spesimen D | Spesimen F |
| 50°C | Spesimen H | Spesimen J | Spesimen L |
| 75°C | Spesimen N | Spesimen P | Spesimen R |

Pada tabel matriks ini dijelaskan bahwa seluruh spesimen pada tabel matriks ini akan diberikan perlakuan panas sebelum *pull-off test*. Spesimen B merupakan spesimen yang akan dilakukan 5 kali pencelupan pada larutan *coating* dengan suhu larutan 25°C. Begitu pula pada spesimen D merupakan spesimen yang akan dilakukan 10 kali pencelupan pada larutan *coating* dengan suhu larutan 25°C. Begitu pula selanjutnya hingga pada spesimen R merupakan spesimen yang akan dilakukan 15 kali pencelupan pada larutan *coating* dengan suhu larutan 75°C.

3.2.5 Persiapan Larutan *Coating*

Larutan *coating* yang digunakan untuk penelitian ini dibuat dengan mencampurkan larutan getah karet dengan *waterglass*. Karet alam tidak dapat dilarutkan begitu saja dengan *aquades* karena pengaruh dari kandungan protein pada karet alam (Ramadhan dkk). Proses yang dilakukan dalam persiapan larutan *coating* dimulai dengan membuat *stock* dari getah karet sebelum dilakukan pencampuran dengan *waterglass*.



Gambar 3.21 Diagram Alir Proses Pembuatan Larutan *Coating*

Pemrosesan silika pada industri membutuhkan interaksi dengan *rubber-filler* yang disebut sebagai proses silanisasi. Proses ini akan menjembatani molekul dari silika dengan menggunakan *rubber* sehingga dapat digunakan untuk produksi di dunia industri (ASTM D8016, 2015). Oleh karena itu, pembuatan larutan *coating* pada penelitian ini menggunakan campuran dari larutan getah karet sebagai *rubber-filler* dengan silika atau *waterglass*.

1. Pembersihan Getah Karet

Pada proses pembuatan larutan getah karet, getah karet yang digunakan harus dalam kondisi bersih dari kotoran dan sisa kulit kayu yang menempel pada getah sehingga tidak akan menyebabkan penggumpalan pada larutan getah karet. Proses pembersihan getah karet dilakukan dengan cara, sebagai berikut:

- a. Getah karet yang telah didapat, dipotong-potong kecil menggunakan pisau.
- b. Getah karet yang telah dipotong, dimasukkan kedalam ember untuk dibersihkan dengan H_2O_2 , air, dan sabun hingga bersih.
- c. Getah karet yang telah dibersihkan direndam kembali 24 jam dengan H_2O_2 untuk menghilangkan bakteri penyebab bau.

Proses pembersihan getah karet mulai dari pemotongan hingga perendaman dengan H_2O_2 dapat dilihat pada Gambar 3.22 dan Gambar 3.23.



Gambar 3.22 Pemotongan getah karet



Gambar 3.23 Perendaman getah karet yang telah dibersihkan dalam H_2O_2 .

Untuk proses perendaman getah karet yang telah dibersihkan, ember tidak boleh ditutup dengan apapun karena akan menyebabkan ledakan. Hal ini disebabkan H_2O_2 merupakan asam kuat yang mudah menguap.

2. Pelarutan Getah Karet

- a. Getah karet yang telah direndam dengan H_2O_2 selama 24 jam, ditimbang sebanyak 100 gram dan dimasukkan kedalam tabung elenmeyer.
- b. Setelah itu, dimasukkan toluena sebanyak 1 (satu) liter untuk melarutkan getah karet.
- c. Larutan getah karet direndam selama 2 (dua) hari dengan pengadukan setiap 1 (satu) harinya hingga homogen.

Proses pelarutan getah karet dengan toluena hingga menghasilkan larutan getah karet yang homogen dapat dilihat pada Gambar 3.24 hingga Gambar 3.26.



Gambar 3.24 Penimbangan getah karet



Gambar 3.25 Pelarutan getah karet dengan toluena



Gambar 3.26 Larutan getah karet yang telah homogen

3. Pencampuran Larutan Getah Karet dengan *Waterglass*

Hasil dari proses pembuatan larutan *coating* dilakukan dengan pencampuran larutan getah karet dengan *waterglass* pada *beaker glass* dapat dilihat pada Gambar 3.27 dengan penjelasan sebagai berikut:

- a. Larutan getah karet yang telah terlarut akan dicampurkan dengan *waterglass*, dengan perbandingan 2:1 untuk larutan getah karet dan *waterglass*.
- b. Pencampuran dilakukan di dalam *beaker glass* 500 ml dengan proses pengadukan hingga larutan homogen.



Gambar 3.27 Larutan getah karet yang telah dicampur dengan *waterglass*.

3.2.6 Proses *Dip Coating* Spesimen

Proses pencelupan spesimen dilakukan dengan menggunakan larutan *coating* yang telah tercampur dengan baik pada setiap variasi suhu yang telah ditentukan yaitu, 25°C, 50°C, dan 75°C. Pemberian variasi suhu larutan *coating* berdasarkan dari proses *hot dip coating* yang dilakukan pada industri fabrikasi. Penentuan suhu larutan *coating* merupakan kelipatan dari suhu kamar yaitu suhu 25°C dan kelipatannya yaitu 50°C, dan 75°C. Dari setiap variasi suhu tersebut, dilakukan pencelupan berbeda sesuai dengan variasi frekuensi pencelupan yaitu 5 kali, 10 kali, dan 15 kali pencelupan. Pemilihan variasi pencelupan dilakukan berdasarkan percobaan pembuatan larutan *coating*. Pada percobaan pembuatan larutan *coating*, hasil lapisan *coating* saat frekuensi 3 kali pencelupan belum masih terlalu tipis dan masih terlihat warna permukaan baja. Namun setelah dilakukan 5 kali pencelupan, lapisan *coating* mulai memiliki warna tersendiri bukan seperti warna baja yang dibasahi. Langkah-langkah dari proses *dip coating* spesimen adalah sebagai berikut:

a. Pencelupan pada suhu larutan 25°C

- i. Material yang telah dipasang dengan tali penggantung disiapkan dan ditandai dengan abjad sebagai pembeda untuk frekuensi pencelupan.
- ii. Untuk frekuensi pencelupan 5 kali, spesimen ditandai dengan abjad A dan B.
- iii. Setiap spesimen dicelupkan pada larutan *coating* yang telah diaduk hingga homogen.
- iv. Setelah dicelupkan, material diangkat dan dikeringkan. Selanjutnya dilakukan pencelupan kembali hingga 5 kali, lalu dikeringkan dengan cara digantung.
- v. Untuk frekuensi pencelupan 10 kali, ditandai dengan abjad C dan D. Proses pencelupan dilakukan sama dengan proses 5 kali pencelupan.
- vi. Untuk frekuensi pencelupan 15 kali, ditandai dengan abjad E dan F.

Proses dan hasil pencelupan spesimen pada suhu larutan 25°C dapat dilihat pada Gambar 3.28 hingga Gambar 3.30.



Gambar 3.28 Spesimen yang telah dipasang tali penggantung dan ditandai.



Gambar 3.29 Proses Pencelupan pada Spesimen



Gambar 3.30 Hasil *dip coating* pada variasi suhu larutan 25°C

b. Pencelupan pada suhu larutan 50°C

- i. Material yang telah dipasang dengan tali penggantung disiapkan dan ditandai dengan abjad sebagai pembeda untuk frekuensi pencelupan.
- ii. Untuk suhu larutan 50°C, larutan yang telah tercampur hingga homogen di panaskan diatas *hot plate* dan diaduk hingga panas merata pada seluruh larutan.

- iii. Untuk frekuensi pencelupan 5 kali, spesimen ditandai dengan abjad G dan H.
- iv. Setelah larutan diukur suhu dengan termometer dan telah mencapai 50°C , maka siap digunakan untuk larutan *coating* spesimen.
- v. Setelah dicelupkan, material diangkat dan dikeringkan. Selanjutnya dilakukan pencelupan kembali sampai 5 kali, lalu dikeringkan dengan cara digantung.
- vi. Untuk frekuensi pencelupan 10 kali, ditandai dengan abjad I dan J. Proses pencelupan dilakukan sama dengan proses 5 kali pencelupan.
- vii. Untuk frekuensi pencelupan 15 kali, ditandai dengan abjad K dan L.

Proses dan hasil pencelupan spesimen pada suhu larutan 50°C dapat dilihat pada Gambar 3.31 hingga Gambar 3.34.



Gambar 3.31 Larutan *coating* dipanaskan diatas *hot plate*



Gambar 3.32 Larutan *coating* diukur suhu dengan termometer hingga 50°C



Gambar 3.33 Proses *dip coating* spesimen pada suhu larutan 50°C



Gambar 3.34 Hasil *dip coating* pada suhu larutan 50°C

c. Pencelupan pada suhu larutan 75°C

- i. Material yang telah dipasang dengan tali penggantung disiapkan dan ditandai dengan abjad sebagai pembeda untuk frekuensi pencelupan.
- ii. Untuk suhu larutan 75°C, larutan yang telah tercampur hingga homogen di panaskan diatas *hot plate* dan diaduk hingga panas merata pada seluruh larutan.
- iii. Untuk frekuensi pencelupan 5 kali, spesimen ditandai dengan abjad M dan N.
- iv. Setelah larutan diukur suhu dengan termometer dan telah mencapai 75°C, maka siap digunakan untuk larutan *coating* spesimen.
- v. Setelah dicelupkan, material diangkat dan dikeringkan. Selanjutnya dilakukan pencelupan kembali sampai 5 kali, lalu dikeringkan dengan cara digantung.

- vi. Untuk frekuensi pencelupan 10 kali, ditandai dengan abjad O dan P. Proses pencelupan dilakukan sama dengan proses 5 kali pencelupan.
- vii. Untuk frekuensi pencelupan 15 kali, ditandai dengan abjad Q dan R.

Proses dan hasil pencelupan spesimen pada suhu larutan 75°C dapat dilihat pada Gambar 3.35 hingga Gambar 3.36.



Gambar 3.35 Larutan *coating* diukur suhu dengan termometer hingga 75°C



Gambar 3.36 Hasil *dip coating* pada suhu larutan 75°C

3.2.7 Pengukuran Tebal *Coating*

Setelah proses *dip coating* selesai dan lapisan *coating* pada setiap spesimen telah mengering, ketebalan dari lapisan *coating* diukur menggunakan jangka sorong. Dari pengukuran ini diperoleh perbedaan ketebalan dari setiap spesimen dengan suhu larutan dan frekuensi pencelupan yang berbeda. Perbedaan tersebut dicatat sebagai tebal pengukuran untuk mengetahui pengaruh suhu larutan *coating* terhadap ketebalan *coating*. Pengukuran tebal pengukuran dilakukan pada

tiga titik yaitu titik lapisan bagian atas, bagian tengah, dan bagian bawah. Dari setiap ukuran pada tiap-tiap bagian akan dijumlah dan dirata-rata untuk mendapatkan tebal pengukuran dari lapisan *coating*. Dari data tebal pengukuran akan dihitung pada BAB IV untuk mendapatkan tebal *coating* yang sebenarnya. Data perbedaan ketebalan *coating* tiap spesimen ini akan digunakan untuk menentukan frekuensi dan suhu larutan yang tepat untuk menghasilkan lapisan *coating* yang baik. Peralatan dan proses pengukuran tebal pengukuran dapat dilihat pada Gambar 3.37 dan Gambar 3.8.



Gambar 3.37 Jangka sorong *digital*



Gambar 3.38 Proses pengukuran ketebalan pada spesimen

Hasil dari pengukuran ketebalan dan rata-rata tebal pengukuran tiap spesimen diatas dimasukkan kedalam Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Data Tebal Pengukuran Lapisan *Coating*

| Spesimen | Tebal pengukuran Tengah (mm) | Tebal pengukuran Bawah (mm) | Tebal pengukuran Atas (mm) | Σ Tebal Pengukuran (mm) | Tebal pengukuran rata-rata (mm) |
|----------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| A | 10,47 | 10,64 | 9,97 | 31,08 | 10,36 |
| B | 10,84 | 11,22 | 10,37 | 32,43 | 10,81 |
| C | 12,50 | 12,64 | 11,96 | 37,10 | 12,37 |
| D | 12,62 | 12,84 | 11,41 | 36,87 | 12,29 |
| E | 13,97 | 14,38 | 13,61 | 41,96 | 13,99 |
| F | 14,37 | 14,92 | 13,74 | 43,03 | 14,34 |
| G | 12,48 | 13,47 | 12,22 | 38,17 | 12,72 |
| H | 12,82 | 13,15 | 12,42 | 38,39 | 12,80 |
| I | 13,20 | 13,84 | 12,92 | 39,96 | 13,32 |
| J | 13,65 | 14,18 | 13,41 | 41,24 | 13,75 |
| K | 14,38 | 14,64 | 13,64 | 42,66 | 14,22 |
| L | 14,77 | 14,92 | 14,35 | 44,04 | 14,68 |
| M | 10,73 | 11,51 | 10,31 | 32,55 | 10,85 |
| N | 10,86 | 11,36 | 11,04 | 33,26 | 11,09 |
| O | 12,44 | 13,21 | 11,84 | 37,49 | 12,50 |
| P | 12,60 | 13,35 | 12,24 | 38,19 | 12,73 |
| Q | 13,21 | 13,74 | 13,42 | 40,37 | 13,46 |
| R | 13,46 | 13,54 | 12,75 | 39,75 | 13,25 |

3.2.8 Perlakuan Panas pada Spesimen

Pada industri yang menggunakan bahan dasar getah karet atau polimer, akan menggunakan teknologi *hot pressure* untuk merekatkan polimer pada bahan dasar. Seperti contoh pada pembuatan sepatu, teknik *hot press* akan digunakan untuk merekatkan sol sepatu sehingga sepatu dapat merekat dengan kuat. Perlakuan panas pada spesimen ini didasari dari teori *hot press* yang digunakan pada setiap produksi berbahan polimer. Pemilihan suhu untuk perlakuan panas ini didasarkan dari ASTM D1349-09 dengan mempertimbangkan titik didih dari setiap komponen penyusun larutan *coating*. Pada proses perlakuan panas menggunakan suhu 100°C-105 °C dari pertimbangan titik didih terendah yang dimiliki oleh toluena yaitu 111°C. Perlakuan panas pada *coating* dilakukan dengan metode *thermal cycle* dengan waktu pemanasan 15 menit dan waktu

pendinginan 5 menit yang dilakukan sebanyak 5 *cycle*. Penggunaan *thermal cycle* bertujuan untuk menjaga komposisi *coating* pada setiap spesimen (Peng dkk, 2015). Proses dan hasil dari perlakuan panas pada tiap spesimen golongan yang diberikan perlakuan panas dapat dilihat pada Gambar 3.39 hingga Gambar 3.41, sebagai berikut:



Gambar 3.39 Persiapan spesimen sebelum perlakuan panas



Gambar 3.40 Mesin *furnace* suhu 100°C (kiri) dan spesimen dimasukkan pada mesin *furnace* suhu 100°C (kanan)



Gambar 3.41 Hasil perlakuan panas pada spesimen

3.2.9 Pengujian Gaya Adhesi Lapisan *Coating*

Pengujian kekuatan adhesi terhadap lapisan *coating* dilakukan dengan metode *pull-off test* di CV. Cipta Agung. Metode ini menggunakan *self-aligning tester type V* (ASTM D 4541-02). Pengujian kekuatan adhesi ini dilakukan dengan menempelkan sebuah *dolly* dengan diameter 20 mm pada permukaan lapisan *coating*. *Dolly* tersebut ditahan oleh sebuah kompresor yang dihubungkan dengan pompa hidrolik. Proses dari pengujian gaya adhesi pada setiap lapisan *coating* dari keseluruhan spesimen adalah sebagai berikut:

- a. Menyiapkan *dolly* sebanyak jumlah spesimen uji dan dibersihkan.
- b. Mencampurkan lem adhesif hingga berwarna putih untuk merekatkan *dolly* dengan lapisan *coating* pada spesimen uji.
- c. Setelah lem sudah siap, lem dioleskan pada *dolly* dan ditempelkan pada lapisan *coating* lalu didiamkan kering hingga kurang lebih 24 jam.
- d. Setelah lem kering selama 24 jam, *dolly* akan ditarik menggunakan alat *pull-off test* hidrolik.

Peralatan dan proses pengujian gaya adhesi atau daya lekat dari lapisan *coating* dapat dilihat pada Gambar 3.42 hingga Gambar 3.50, sebagai berikut:



Gambar 3.42 *Dolly*



Gambar 3.43 Lem adhesif (kiri) dan proses pencampuran lem (kanan)



Gambar 3.44 Pengolesan lem pada *dolly* (kiri) dan penempelan *dolly* pada lapisan *coating* spesimen (kanan)



Gambar 3.45 Spesimen yang telah dipasang *dolly*



Gambar 3.46 Peralatan *Pull-off Test Manual Adhesion Tester*



Gambar 3.47 Sistematika *Pull-off Test self-aligning tester Type V* (ASTM D 4541-02, 2002)



Gambar 3.48 Proses *Pull-off Test*



Gambar 3.49 Contoh Hasil *Pull-off Test* pada Salah Satu Spesimen dalam MPa (kiri) dan Tampak Spesimen setelah *Pull-off Test* (kanan)

3.2.10 Analisa dan Pembahasan

Analisa dari penelitian tugas akhir ini ditentukan dengan variasi temperatur larutan *coating*, variasi frekuensi pencelupan spesimen pada larutan *coating*, dan pengaruh perlakuan panas terhadap gaya adhesi lapisan *coating*. Adakah perbedaan ketebalan lapisan *coating* berdasarkan frekuensi pencelupan serta suhu larutan *coating*. Serta bagaimana pengaruh dari perbedaan ketebalan tersebut dengan gaya adhesi *coating* tanpa dan dengan perlakuan panas.

3.2.11 Kesimpulan

Membuat kesimpulan dari hasil analisa dan pembahasan pada setiap spesimen yang dilakukan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil *Dip Coating* pada Spesimen

Setiap spesimen yang telah dilapisi dengan larutan *coating* dengan variasi dari frekuensi dan suhu larutan *coating* yang berbeda akan menghasilkan lapisan *coating* yang berbeda dari sisi ketebalan dan daya lekat atau gaya adhesi. Dari hasil pelapisan akan dianalisis, pengaruh frekuensi dan suhu terhadap hasil *coating*. Dengan variasi frekuensi pencelupan 5 kali, 10 kali, dan 15 kali serta variasi suhu larutan 25°C, 50°C, dan 75°C. Terdapat 18 (delapan belas) spesimen dengan setiap 6 (enam) spesimen yang dikategorikan berdasarkan suhu larutan. Analisis dari hasil pencelupan spesimen pada setiap variasi suhu larutan dan variasi frekuensi pencelupan, dibahas sebagai berikut:

4.1.1. Hasil *Dip Coating* Spesimen pada Suhu Larutan 25°C

Untuk pencelupan pada variasi suhu larutan *coating* 25°C, diperlukan 6 (enam) spesimen yang akan diberi perlakuan seperti yang terdapat pada tabel matriks Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Matriks Spesimen pada Suhu Larutan 25°C

| Perlakuan Panas | Frekuensi Pencelupan | | |
|-----------------|----------------------|------------|------------|
| | 5 kali | 10 kali | 15 kali |
| Tidak | Spesimen A | Spesimen C | Spesimen E |
| Ya | Spesimen B | Spesimen D | Spesimen F |



Pada suhu larutan *coating* 25°C ini, terdapat tiga spesimen yaitu spesimen A, C, dan E yang merupakan nama dari spesimen tanpa perlakuan panas sebelum pengujian gaya adhesi lapisan *coating* serta spesimen B, D, dan F yang merupakan nama dari spesimen yang akan diberi perlakuan panas sebelum dilakukan *pull-off test*. Dari proses pencelupan yang telah dilakukan, didapatkan ciri-ciri karakteristik dari larutan *coating* pada suhu larutan 25°C. Pada saat awal pencampuran, larutan *coating* akan bersifat lebih cair dan mudah untuk diaduk.



Akan tetapi setelah proses berlangsung, larutan *coating* akan semakin menggumpal akibat pengaruh dari suhu lingkungan. Pencelupan yang dilakukan pada suhu larutan 25°C memiliki sifat dalam proses pencelupan yang semakin lama larutan *coating* akan semakin mengeras.

a. Frekuensi 5 kali Pencelupan

Pencelupan spesimen yang dilakukan dengan frekuensi 5 pencelupan pada larutan *coating* dengan suhu larutan 25°C, menghasilkan lapisan *coating* yang tidak menggumpal. Kondisi larutan awal pembuatan masih memiliki viskositas yang rendah, sehingga pada pencelupan pertama (ke-1) hingga ketiga (ke-3), tidak terdapat gumpalan pada dasar spesimen. Pada pencelupan keempat (ke-4) dan kelima (ke-5) terjadi perlambatan tetesan larutan *coating* saat proses pengeringan akan tetapi tidak menimbulkan gumpalan pada dasar spesimen. Hasil dari pencelupan pada spesimen A dan spesimen B dapat dilihat pada tabel gambar Tabel 4.2, sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil *Dip Coating* 5 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 25°C

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 kali | AA.A1 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen A • Tanpa diberi perlakuan panas |
| | AA.B1 |  | |

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 kali | AA.A2 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen B • Akan diberi perlakuan panas |
| | AA.B2 |  | |



Dari gambar diatas, penjelasan yang didapatkan adalah sebagai berikut:



1. Pada kode gambar AA.A1 dan AA.A2 memperlihatkan tampak depan permukaan hasil lapisan *coating* pada suhu 25°C dengan frekuensi 5 kali pencelupan. Permukaan lapisan *coating* halus dan terlihat terdapat dua tingkatan lapisan yang disebabkan perlambatan tetesan pada proses pencelupan keempat dan kelima.
2. Pada kode gambar AA.B1 dan AA.B2 memperlihatkan tampak samping dari lapisan *coating*. Pada gambar ini terlihat bahwa perbedaan ketebalan antara spesimen dengan lapisan *coating* tidak terlalu terlihat. Dari gambar ini didapatkan informasi bahwa, pada pencelupan spesimen kedalam larutan *coating* dengan suhu larutan 25°C dan dengan frekuensi sebanyak 5 kali pencelupan menghasilkan lapisan yang tipis.

b. Frekuensi 10 kali Pencelupan

Saat proses pencelupan spesimen dengan frekuensi 10 kali pencelupan, terdapat beberapa gumpalan pada dasar material. Seperti yang terjadi pada spesimen dengan frekuensi 5 kali pencelupan, lapisan *coating* tidak menggumpal hingga pencelupan kelima (ke-5). Perlambatan tetesan sisa larutan *coating* pada spesimen saat proses pengeringan semakin bertambah sebanding dengan banyaknya frekuensi pencelupan. Pada saat pencelupan ketujuh (ke-7), lapisan *coating* mulai mengalami penggumpalan. Sehingga hasil yang diperoleh pada pencelupan kesepuluh (ke-10), terdapat gumpalan pada dasar spesimen. Hasil dari pencelupan pada spesimen C dan spesimen D dapat dilihat pada tabel gambar Tabel 4.3, sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil *Dip Coating* 10 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 25°C

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 kali | AA.A3 |  | <ul style="list-style-type: none">• Spesimen C• Tanpa diberi perlakuan panas |
| | AA.B3 |  | |

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 kali | AA.A4 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen D • Akan diberi perlakuan panas |
| | AA.B4 |  | |

Dari gambar diatas, penjelasan yang didapatkan adalah sebagai berikut:


1. Pada kode gambar AA.A3 dan AA.A4 memperlihatkan tampak depan permukaan hasil lapisan *coating* pada suhu 25°C dengan frekuensi 10 kali pencelupan. Permukaan lapisan *coating* halus dan terlihat terdapat tiga tingkatan lapisan yang disebabkan perlambatan tetesan pada proses pencelupan keempat dan kelima serta mulainya penggumpalan pada saat pencelupan ketujuh.
2. Pada kode gambar AA.B3 dan AA.B4 memperlihatkan tampak samping dari lapisan *coating*. Pada gambar ini terlihat bahwa sudah tampak terdapat perbedaan ketebalan antara spesimen dengan lapisan *coating*. Pada gambar AA.B4 terlihat sedikit gumpalan yang terdapat pada dasar spesimen. Hal ini disebabkan oleh semakin lama larutan *coating* terkena suhu lingkungan, larutan *coating* perlahan-lahan akan mengeras. Perlambatan tetesan serta




mudah menggumpalnya lapisan *coating* membuat terbentuknya gumpalan pada dasar spesimen seperti pada gambar AA.B4. Dari gambar ini didapatkan informasi bahwa, pada pencelupan spesimen kedalam larutan *coating* dengan suhu larutan 25°C dan dengan frekuensi sebanyak 10 kali pencelupan menghasilkan ketebalan yang lebih tebal dari frekuensi 5 kali pencelupan.

c. Frekuensi 15 kali Pencelupan

Untuk hasil pencelupan spesimen dengan frekuensi 15 kali pencelupan, pada bagian dasar spesimen terdapat gumpalan yang lebih banyak dibandingkan dengan gumpalan yang terdapat pada spesimen dengan 10 kali pencelupan. Ketebalan yang semakin bertambah membuat gumpalan pada saat proses pengeringan sedikit tertarik kebawah. Proses pencelupan yang dilakukan untuk variasi frekuensi 15 kali pencelupan merupakan proses paling akhir, sehingga kondisi larutan *coating* lebih mengeras daripada proses-proses sebelumnya. Mengerasnya larutan *coating* pada proses ini membuat lapisan *coating* yang telah melekat perlahan turun pada dasar spesimen pada saat pengeringan gantung. Hasil dari pencelupan pada spesimen E dan spesimen F dapat dilihat pada tabel gambar Tabel 4.4, sebagai berikut:

Tabel 4.4 Hasil *Dip Coating* 15 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 25°C

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 kali | AA.A5 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen E • Tanpa diberi perlakuan panas |

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 kali | AA.B5 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen E • Tanpa diberi perlakuan panas |
| 15 kali | AA.A6 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen F • Akan diberi perlakuan panas |
| | AA.B6 |  | |

Dari gambar diatas, penjelasan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

1. Pada kode gambar AA.A5 dan AA.A6 memperlihatkan tampak depan permukaan hasil lapisan *coating* pada suhu 25°C dengan frekuensi 15 kali pencelupan. Permukaan lapisan *coating* halus dan terlihat terdapat kurang lebih empat tingkatan lapisan yang disebabkan perlambatan tetesan pada proses pencelupan keempat dan kelima, mulainya penggumpalan pada saat pencelupan ketujuh, dan ketebalan yang disebabkan oleh frekuensi

pencelupan yang paling banyak pada larutan yang perlahan-lahan mengeras. Pada gambar AA.A5 terlihat juluran lapisan *coating* yang terbentuk akibat proses pengeringan gantung pada spesimen.

2. Pada kode gambar AA.B5 dan AA.B6 memperlihatkan tampak samping dari lapisan *coating*. Pada gambar ini terlihat tampak sangat jelas perbedaan ketebalan antara spesimen dengan lapisan *coating*. Lapisan *coating* terlihat seperti gumpalan lilin bening yang menempel pada spesimen. Pada gambar AA.B5 terlihat juluran lapisan *coating* pada dasar spesimen. Hal ini disebabkan oleh semakin lama larutan *coating* terkena suhu lingkungan, larutan *coating* perlahan-lahan akan mengeras. Suhu larutan *coating* berpengaruh pada proses penempelan lapisan *coating* terlebih pada lapisan *coating* yang tebal akan menambah lapisan *coating* yang turun pada dasar spesimen. Dari gambar ini didapatkan informasi bahwa, pada pencelupan spesimen kedalam larutan *coating* dengan suhu larutan 25°C dan dengan frekuensi sebanyak 15 kali pencelupan menghasilkan ketebalan yang paling tebal dari antara ketiga frekuensi pencelupan.

4.1.2. Hasil *Dip Coating* Spesimen pada Suhu Larutan 50°C

Untuk pencelupan pada variasi suhu larutan *coating* 50°C, diperlukan 6 (enam) spesimen yang akan diberi perlakuan seperti yang terdapat pada tabel matriks Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Matriks Spesimen pada Suhu Larutan 50°C

| Perlakuan Panas | Frekuensi Pencelupan | | |
|-----------------|----------------------|------------|------------|
| | 5 kali | 10 kali | 15 kali |
| Tidak | Spesimen G | Spesimen I | Spesimen K |
| Ya | Spesimen H | Spesimen J | Spesimen L |



Pada suhu larutan *coating* 50°C ini, terdapat tiga spesimen yaitu spesimen G, I, dan K yang merupakan nama dari spesimen tanpa perlakuan panas sebelum pengujian gaya adhesi lapisan *coating* serta spesimen H, J, dan L yang merupakan nama dari spesimen yang akan diberi perlakuan panas sebelum dilakukan *pull-off test*. Karakteristik larutan *coating* pada saat awal pencampuran hingga akhir proses pencelupan tidak berubah kekentalannya. Pengadukan yang dilakukan



tidak terasa semakin berat seiring proses pencelupan berlangsung. Suhu yang diberikan membuat pengeringan saat proses pencelupan lebih cepat pada pencelupan pertama (ke-1) hingga ketiga (ke-3).

a. Frekuensi 5 kali Pencelupan

Dari karakteristik larutan *coating* yang lebih encer daripada karakteristik larutan pada suhu larutan 25°C, proses pencelupan menjadi lebih cepat karena larutan *coating* tidak langsung jatuh dan menempel lebih banyak pada spesimen. Terdapat perbedaan ketebalan lapisan *coating* dari variasi suhu larutan sebelumnya. Terdapat sedikit gumpalan pada bagian dasar spesimen dan lapisan *coating* yang terbentuk lebih tebal dari frekuensi 5 kali pencelupan pada suhu larutan 25°C. Pada suhu larutan 50°C, meskipun larutan bersifat lebih encer namun proses pengeringan terjadi lebih cepat. Pada proses pencelupan, tetesan dari larutan *coating* melambat dari pencelupan ke-2 (kedua). Pada dasar spesimen mulai terdapat gumpalan lapisan *coating*. Hasil dari pencelupan pada spesimen G dan spesimen H dapat dilihat pada tabel gambar Tabel 4.6, sebagai berikut:

Tabel 4.6 Hasil *Dip Coating* 5 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 50°C

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 kali | AB.A1 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen G • Tanpa diberi perlakuan panas |
| | AB.B1 |  | |

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 kali | AB.A2 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen H • Akan diberi perlakuan panas |
| | AB.B2 |  | |

Dari gambar diatas, penjelasan yang didapatkan adalah sebagai berikut:


1. Pada kode gambar AB.A1 dan AB.A2 memperlihatkan tampak depan permukaan hasil lapisan *coating* pada suhu 50°C dengan frekuensi 5 kali pencelupan. Permukaan lapisan *coating* halus dan terlihat terdapat kurang lebih dua tingkatan lapisan yang disebabkan perlambatan tetesan dan proses penempelan lapisan lebih cepat saat proses pengeringan. Percepatan penempelan membuat lapisan lebih tebal. Terlebih lagi perlambatan tetesan sudah terjadi pada saat pencelupan ketiga.
2. Pada kode gambar AB.B1 dan AB.B2 memperlihatkan tampak samping dari lapisan *coating*. Pada gambar ini terlihat terdapat perbedaan ketebalan antara spesimen dengan lapisan *coating*. Pada gambar AB.B1 dan AB.B2 pada bagian dasar belakang spesimen terdapat sedikit penggumpalan akibat perlambatan tetesan yang terjadi saat pelapisan ketiga. Suhu larutan *coating* berpengaruh pada proses pengeringan lapisan *coating*. Karena suhu larutan ini lebih tinggi dari sebelumnya, lapisan *coating* yang terbentuk menjadi lebih




tebal dari variasi suhu sebelumnya pada frekuensi pencelupan yang sama. Dari gambar ini didapatkan informasi bahwa, pada pencelupan spesimen kedalam larutan *coating* dengan suhu larutan 50°C dan dengan frekuensi sebanyak 5 kali pencelupan menghasilkan lapisan yang lebih tebal dari pencelupan pada variasi suhu larutan 25°C.

b. Frekuensi 10 kali Pencelupan

Pada frekuensi 10 kali pencelupan di suhu larutan ini, terdapat penggumpalan pada dasar spesimen yang lebih banyak daripada gumpalan yang terjadi pada frekuensi 5 kali pencelupan pada suhu yang sama. Lapisan *coating* menebal dari frekuensi pencelupan sebelumnya. Penggumpalan mulai terjadi dari pencelupan ke-3 (ketiga) hingga ke-10 (kesepuluh). Pada frekuensi ini terdapat lapisan *coating* yang tertarik kebawah, hal ini disebabkan karena lapisan *coating* yang tebal dan lebih berat. Berbeda dengan frekuensi pencelupan sama pada suhu 25°C, pada frekuensi pencelupan ini masih belum terbentuk lapisan *coating* yang tertarik dan menggantung pada dasar spesimen. Pengeringan yang dilakukan saat proses pencelupan membutuhkan waktu lebih lama dari variasi suhu sebelumnya. Hasil dari pencelupan pada spesimen I dan spesimen J dapat dilihat pada tabel gambar Tabel 4.7, sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil *Dip Coating* 10 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 50°C

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 kali | AB.A3 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen I • Tanpa diberi perlakuan panas |

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 kali | AB.B3 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen I • Tanpa diberi perlakuan panas |
| | AB.A4 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen J • Akan diberi perlakuan panas |
| | AB.B4 |  | |

Dari gambar diatas, penjelasan yang didapatkan adalah sebagai berikut:


1. Pada gambar AB.A3 dan AB.A4 tampak beberapa titik juluran dari lapisan *coating* pada dasar spesimen. Hal itu terbentuk akibat proses pengeringan gantung dari spesimen dengan lapisan *coating* yang tebal. Ketebalan lapisan terbentuk akibat perlambatan tetesan pada saat proses pencelupan ketiga. Terlihat terdapat perbedaan tingkatan yang lebih jelas pada hasil pelapisan ini.




2. Pada gambar AB.B3 dan AB.B4 terlihat tingkatan lapisan *coating* dan perbedaan ketebalan yang sangat terlihat antara spesimen dengan lapisan *coating*. Pada gambar ini terlihat bahwa hasil dari pencelupan pada suhu larutan 50°C dengan frekuensi 10 kali pencelupan menghasilkan lapisan yang lebih tebal daripada hasil pencelupan pada suhu 25°C dengan frekuensi pencelupan yang sama. Serta menghasilkan lapisan lebih tebal dari frekuensi 5 kali pencelupan pada suhu larutan yang sama.

c. Frekuensi 15 kali Pencelupan

Pencelupan yang dilakukan dengan frekuensi 15 kali pencelupan ini menghasilkan lapisan *coating* paling tebal pada variasi suhu larutan 50°C. Pada saat digantung untuk pengeringan, lapisan *coating* perlahan-lahan turun. Gumpalan yang terdapat pada dasar spesimen menurun diakibatkan dari ketebalan lapisan yang menempel pada spesimen. Penggumpalan yang terjadi dari proses pencelupan ke-3 (ketiga) ini membuat lapisan *coating* dari variasi frekuensi 15 kali pencelupan ini semakin tebal dan berat. Namun, lapisan *coating* spesimen masih lebih tebal dari lapisan *coating* pada frekuensi lain disuhu larutan yang sama. Hasil dari pencelupan pada spesimen K dan spesimen L dapat dilihat pada tabel gambar Tabel 4.8, sebagai berikut:

Tabel 4.8 Hasil *Dip Coating* 15 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 50°C

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 kali | AB.A5 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen K • Tanpa diberi perlakuan panas |

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 kali | AB.B5 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen K • Tanpa diberi perlakuan panas |
| | AB.A6 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen L • Akan diberi perlakuan panas |
| | AB.B6 |  | |

Dari gambar diatas, penjelasan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

1. Pada gambar AB.A5 dan AB.A6 dapat dilihat lapisan *coating* yang dihasilkan memiliki permukaan halus dan terlihat terdapat kurang lebih empat tingkatan lapisan *coating*. Selain itu terdapat lapisan *coating* yang terjulur kebawah pada dasar spesimen akibat proses pengeringan gantung.

2. Pada gambar AB.B5 dan AB.B6 dapat dilihat perbedaan ketebalan dari lapisan *coating* yang menempel dengan lapisan spesimen. Lapisan *coating* pada variasi ini merupakan hasil paling tebal diantara lapisan *coating* pada variasi suhu larutan 25°C dan 50°C dengan frekuensi lebih rendah dan frekuensi yang sama.

4.1.3. Hasil *Dip Coating* Spesimen pada Suhu Larutan 75°C

Untuk pencelupan pada variasi suhu larutan *coating* 75°C, diperlukan 6 (enam) spesimen yang akan diberi perlakuan seperti yang terdapat pada tabel matriks Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Matriks Spesimen pada Suhu Larutan 75°C

| Perlakuan Panas | Frekuensi Pencelupan | | |
|--------------------|----------------------|------------|------------|
| | 5 kali | 10 kali | 15 kali |
| Tidak | Spesimen M | Spesimen O | Spesimen Q |
| Ya | Spesimen N | Spesimen P | Spesimen R |





Pada suhu larutan *coating* 75°C ini, terdapat tiga spesimen yaitu spesimen M, O, dan Q yang merupakan nama dari spesimen tanpa perlakuan panas sebelum pengujian gaya adhesi lapisan *coating* serta spesimen N, P, dan R yang merupakan nama dari spesimen yang akan diberi perlakuan panas sebelum dilakukan *pull-off test*. Karakteristik larutan *coating* menjadi lebih encer daripada pada saat awal pencampuran. Semakin lama larutan *coating* akan semakin encer. Meskipun karakteristiknya encer, larutan *coating* yang menempel pada spesimen menjadi semakin cepat karena proses pengeringan yang lebih mudah akibat pengaruh suhu larutan.

a. Frekuensi 5 kali Pencelupan

Untuk hasil dari 5 kali pencelupan pada suhu larutan ini, lapisan *coating* lebih tipis dari hasil pencelupan dengan frekuensi yang sama pada suhu 50°C. Larutan *coating* dengan karakteristik paling encer daripada variasi suhu larutan lainnya, membuat lapisan *coating* pada spesimen tidak tebal menggumpal pada dasar spesimen. Pada proses pencelupan pertama (ke-1) dan kedua (ke-2) masih belum terjadi perlambatan tetesan, namun pada proses pencelupan ketiga (ke-3) hingga kelima (ke-5) mulai terjadi perlambatan tetesan. Suhu larutan yang tinggi

membuat lapisan *coating* pertama melekat dengan baik. Hasil dari pencelupan pada spesimen M dan spesimen N dapat dilihat pada tabel gambar Tabel 4.10, sebagai berikut:

Tabel 4.10 Hasil *Dip Coating* 5 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 75°C

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 kali | AC.A1 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen M • Tanpa diberi perlakuan panas |
| | AC.B1 |  | |
| | AC.A2 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen N • Akan diberi perlakuan panas |
| | AC.B2 |  | |


Dari gambar diatas, penjelasan yang didapatkan adalah sebagai berikut:




1. Pada gambar AC.A1 dan AC.A2 dapat dilihat lapisan *coating* yang dihasilkan memiliki permukaan halus. Lapisan *coating* yang terbentuk terlihat tidak setebal dari hasil pencelupan pada suhu larutan 50°C meskipun pada frekuensi pencelupan yang sama.
2. Pada gambar AC.B1 dan AC.B2 tidak terlalu tampak perbedaan dari ketebalan spesimen dengan lapisan *coating*. Penggumpalan belum terjadi pada variasi pencelupan ini. Namun perlambatan tetesan lebih terjadi pada saat pencelupan ketiga akibat suhu larutan yang diberikan.

b. Frekuensi 10 kali Pencelupan

Hasil 10 kali pencelupan pada suhu ini memperlihatkan bahwa lapisan *coating* sangat menempel dan tebal meskipun larutan *coating* sangat encer. Gumpalan yang terbentuk pada dasar spesimen yang berbentuk titik, disebabkan perlambatan tetesan larutan *coating* pada saat proses pencelupan. Perlambatan tetesan larutan *coating* terjadi saat proses pencelupan ketiga (ke-3) hingga kesepuluh (ke-10). Hal ini disebabkan, proses kristalisasi dari waterglass yang lebih baik dari pada saat suhu larutan 50°C. Hasil dari pencelupan pada spesimen O dan spesimen P dapat dilihat pada tabel gambar Tabel 4.11, sebagai berikut:

Tabel 4.11 Hasil *Dip Coating* 10 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 75°C

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 kali | AC.A3 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen O • Tanpa diberi perlakuan panas |

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10 kali | AC.B3 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen O • Tanpa diberi perlakuan panas |
| | AC.A4 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen P • Akan diberi perlakuan panas |
| | AC.B4 |  | |

Dari gambar diatas, penjelasan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

1. Pada gambar AC.A3 dan AC.A4 dapat dilihat lapisan *coating* yang dihasilkan memiliki permukaan halus. Lapisan *coating* yang terbentuk terlihat tidak setebal dari hasil pencelupan pada suhu larutan 50°C meskipun pada frekuensi pencelupan yang sama. Terdapat juluran lapisan *coating* yang


terbentuk karena pengerasan yang terjadi dengan sangat cepat, sehingga mengakibatkan lapisan *coating* menjadi semakin berat. Oleh karena itu pada proses pengeringan gantung, lapisan *coating* dapat turun pada dasar spesimen.




2. Pada gambar AC.B3 dan AC.B4 telah tampak perbedaan dari ketebalan spesimen dengan lapisan *coating*. Penggumpalan yang terjadi diakibatkan dari titik-titik yang mengalami perlambatan tetes pada proses pencelupan.

c. Frekuensi 15 kali Pencelupan

Untuk hasil dari 15 kali pencelupan pada suhu ini memiliki lapisan dengan ketebalan yang lebih tebal dari keseluruhan pencelupan. Meskipun terdapat lapisan *coating* yang turun akibat pengeringan gantung, tetapi lapisan *coating* masih tertempel dengan baik. Frekuensi 15 kali pencelupan membuat berat dari lapisan *coating* bertambah, sehingga lapisan *coating* turun pada saat proses pengeringan gantung. Proses *dip coating* dengan frekuensi 10 kali pencelupan telah membentuk gumpalan dan dengan penambahan 5 kali pencelupan, penurunan lapisan *coating* akan terjadi. Hasil dari pencelupan pada spesimen Q dan spesimen R dapat dilihat pada tabel gambar Tabel 4.12, sebagai berikut:

Tabel 4.12 Hasil *Dip Coating* 15 kali Pencelupan pada Suhu Larutan 75°C

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 kali | AC.A5 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen Q • Tanpa diberi perlakuan panas |

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15 kali | AC.B5 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen Q • Tanpa diberi perlakuan panas |
| | AC.A6 |  | <ul style="list-style-type: none"> • Spesimen R • Akan diberi perlakuan panas |
| | AC.B6 |  | |

Dari gambar diatas, penjelasan yang didapatkan adalah sebagai berikut:

1. Pada gambar AC.A5 dan AC.A6 dapat dilihat lapisan *coating* yang dihasilkan memiliki permukaan halus. Lapisan *coating* yang terbentuk terlihat tidak setebal dari hasil pencelupan pada suhu larutan 50°C meskipun pada frekuensi pencelupan yang sama. Terdapat juluran lapisan *coating* yang terbentuk karena pengerasan yang terjadi dengan sangat cepat, sehingga

mengakibatkan lapisan *coating* menjadi semakin berat. Oleh karena itu pada proses pengeringan gantung, lapisan *coating* dapat turun pada dasar spesimen.

2. Pada gambar AC.B5 dan AC.B6 sangat tampak perbedaan dari ketebalan spesimen dengan lapisan *coating*. Penggumpalan yang terjadi diakibatkan dari titik-titik yang mengalami perlambatan tetes pada proses pencelupan dan beberapa lapisan tengah *coating*.

Dari ketiga variasi suhu larutan, ketebalan semakin meningkat dari suhu larutan 25°C hingga 50°C. Namun ketebalan menurun pada suhu larutan 75°C karena viskositas pada larutan *coating* menjadi sangat encer pada suhu larutan 75°C. Selain itu, ketebalan lapisan *coating* akan bertambah seiring dengan semakin tinggi frekuensi pencelupan.

4.2. Hasil Pengukuran Tebal Lapisan *Coating*

Pengukuran ketebalan dilakukan dengan menggunakan jangka sorong pada titik tengah, bagian atas, dan bawah dari lapisan *coating* spesimen. Setelah diukur didapatkan data ketebalan pengukuran lapisan *coating* pada setiap spesimen tiap bagiannya dari variasi frekuensi pencelupan dan variasi suhu larutan masing-masing. Data pengukuran pada tiap bagian tersebut selanjutnya dibagi dengan jumlah titik pengukuran yaitu dibagi tiga titik untuk mendapatkan *avg* Tebal Pengukuran. Pengambilan tiga titik ini bertujuan untuk menyamaratakan lapisan *coating* yang terbentuk pada spesimen. Dengan menggunakan metode *dip coating* ini, lapisan *coating* yang terbentuk akan cenderung lebih tebal pada bagian terbawah lapisan *coating* dan paling tipis pada bagian atas lapisan *coating*. Rata-rata Tebal Pengukuran tersebut, dikurangi dengan ketebalan spesimen yaitu 9,4 mm. Karena terdapat dua sisi lapisan maka hasil pengurangan di bagi 2 (dua). Hasil dari pembagian tersebut adalah tebal dari lapisan *coating*, yang dituliskan dengan rumus:

$$\text{Tebal coating (mm)} = \frac{(\text{avg Tebal pengukuran} - 9,4)}{2} \dots\dots\dots(4.1)$$

Dari data tebal pengukuran dan perhitungan tebal *coating* didapatkan hasil perhitungan tebal *coating* pada Tabel 4.13, sebagai berikut:

Tabel 4.13 Data Tebal *Coating* Penelitian

| Spesimen | Tebal pengukuran (mm) | Tebal pengukuran (mm) | Tebal pengukuran (mm) | Σ Tebal Pengukuran (mm) | Tebal pengukuran rata-rata (mm) | Tebal <i>Coating</i> (mm) |
|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| A | 10,47 | 10,64 | 9,97 | 31,08 | 10,36 | 0,48 |
| B | 10,84 | 11,22 | 10,37 | 32,43 | 10,81 | 0,71 |
| C | 12,50 | 12,64 | 11,96 | 37,10 | 12,37 | 1,48 |
| D | 12,62 | 12,84 | 11,41 | 36,87 | 12,29 | 1,45 |
| E | 13,97 | 14,38 | 13,61 | 41,96 | 13,99 | 2,29 |
| F | 14,37 | 14,92 | 13,74 | 43,03 | 14,34 | 2,47 |
| G | 12,48 | 13,47 | 12,22 | 38,17 | 12,72 | 1,66 |
| H | 12,82 | 13,15 | 12,42 | 38,39 | 12,80 | 1,70 |
| I | 13,20 | 13,84 | 12,92 | 39,96 | 13,32 | 1,96 |
| J | 13,65 | 14,18 | 13,41 | 41,24 | 13,75 | 2,17 |
| K | 14,38 | 14,64 | 13,64 | 42,66 | 14,22 | 2,41 |
| L | 14,77 | 14,92 | 14,35 | 44,04 | 14,68 | 2,64 |
| M | 10,73 | 11,51 | 10,31 | 32,55 | 10,85 | 0,73 |
| N | 10,86 | 11,36 | 11,04 | 33,26 | 11,09 | 0,84 |
| O | 12,44 | 13,21 | 11,84 | 37,49 | 12,50 | 1,55 |
| P | 12,60 | 13,35 | 12,24 | 38,19 | 12,73 | 1,67 |
| Q | 13,21 | 13,74 | 13,42 | 40,37 | 13,46 | 2,03 |
| R | 13,46 | 13,54 | 12,75 | 39,75 | 13,25 | 1,93 |

Dari data tebal *coating* diatas, dapat dicari rata-rata tebal *coating* dari keseluruhan spesimen dengan membagi total keseluruhan tebal *coating* dengan total spesimen.

$$Avg \text{ Tebal Coating (mm)} = \frac{\Sigma \text{ tebal coating}}{\Sigma \text{ spesimen}} \dots\dots\dots (4.2)$$

$$Avg \text{ Tebal Coating (mm)} = \frac{30.16}{18}$$

$$Avg \text{ Tebal Coating (mm)} = 1.68 \text{ mm}$$

Rata-rata tebal *coating* akan digunakan sebagai perbandingan hasil dari tebal *coating* tiap spesimen untuk analisis hubungan ketebalan dengan besar nilai daya lekat lapisan *coating*. Selain itu, hasil pengukuran tebal lapisan *coating* ini ditujukan untuk menganalisis pengaruh dari variasi suhu larutan terhadap ketebalan lapisan *coating*. Variasi frekuensi pencelupan yang diberikan pasti berpengaruh pada ketebalan lapisan *coating*. Oleh karena itu, pada pengukuran tebal dikelompokkan sesuai dengan tiap-tiap variasi frekuensi pencelupan.

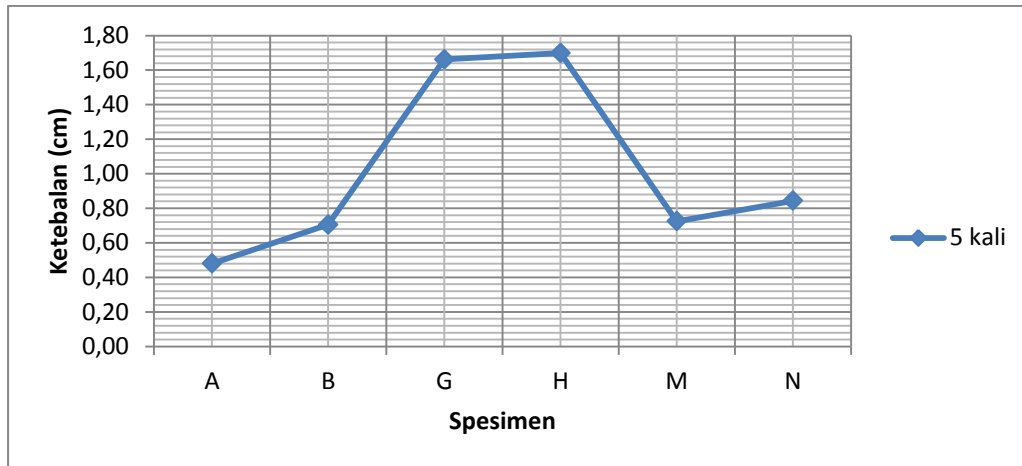
4.2.1. Frekuensi 5 kali Pencelupan

Pada frekuensi 5 kali pencelupan, hasil pengukuran ketebalan dari ketiga variasi suhu larutan berbeda-beda. Pada suhu larutan 25°C, spesimen A memiliki tebal 0.48 mm dan spesimen B memiliki tebal 0.71 mm. Karakteristik larutan *coating* yang pada awal pencampuran memiliki sifat encer, namun semakin lama dibiarkan maka akan semakin kental dan harus ditambah dengan larutan getah karet untuk mengencerkan kembali. Hal ini disebabkan oleh tidak adanya panas yang bereaksi dengan larutan *coating* pada saat proses pencelupan.

Pada suhu larutan 50°C, spesimen G memiliki tebal 1.66 mm dan spesimen H memiliki tebal 1.70 mm. Karakteristik larutan *coating* pada suhu larutan ini lebih encer yang disebabkan adanya reaksi panas dengan larutan *coating*. Proses pengadukan menjadi semakin ringan. Pengeringan lapisan *coating* semakin mudah karena panas, membuat pengkristalan larutan *coating* pada spesimen lebih mudah terjadi. Encernya larutan *coating* disebabkan oleh melelehnya getah karet yang terdapat didalam larutan getah karet.

Pada suhu larutan 75°C, spesimen M memiliki tebal 0.73 mm dan spesimen N memiliki tebal 0.84 mm. Hal ini disebabkan panas yang diberikan pada larutan *coating* lebih tinggi dari sebelumnya. Sehingga reaksi panas dengan karet dan *waterglass* semakin tinggi dan larutan semakin encer. Proses pengkristalan dari lapisan *coating* pada spesimen terjadi lebih cepat dan tidak terjadi banyak penggumpalan. Selain itu, pada dasar *beaker glass* terdapat kumpulan kristal *waterglass* yang menumpuk setelah larutan dipanaskan.

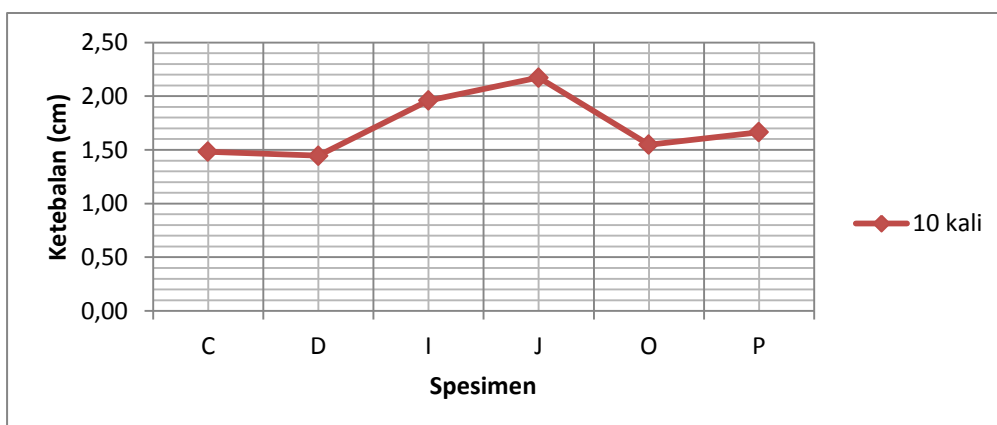
Dari percobaan diatas, diketahui bahwa suhu yang semakin tinggi mendekati titik didih getah karet yaitu 180°C jika diberikan kepada larutan *coating* akan mempengaruhi viskositas dari larutan *coating*. Dari kumpulan kristal yang terdapat di dasar *beaker glass*, didapatkan bahwa panas juga mampu membantu percepatan dari pengkristalan larutan *coating* pada spesimen. Dari data diatas, didapatkan grafik perbandingan ketebalan pada frekuensi 5 kali pencelupan saat variasi suhu larutan yang berbeda seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Grafik perbandingan ketebalan *coating* pada frekuensi 5 kali pencelupan

4.2.2. Frekuensi 10 kali Pencelupan

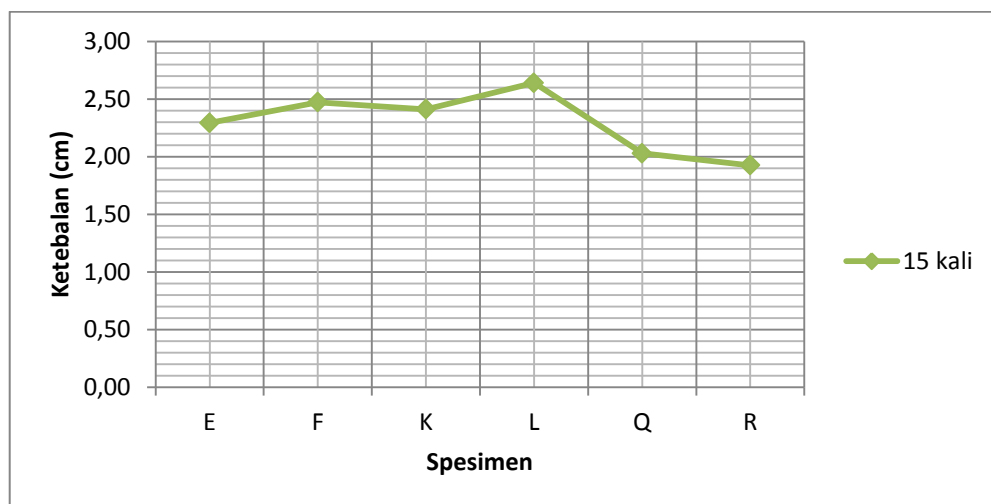
Dengan karakteristik dari setiap suhu larutan yang telah disebutkan sebelumnya, ketebalan dari setiap lapisan *coating* pada spesimen dipengaruhi oleh viskositas dan kecepatan pengkristalan pada lapisan *coating* setelah dicelupkan. Pada suhu larutan 25°C, spesimen C memiliki tebal 1.48 mm dan spesimen D memiliki tebal 1.45 mm. Pada suhu larutan 50°C, spesimen I memiliki tebal 1.96 mm dan spesimen J memiliki tebal 2.17 mm. Untuk suhu larutan 75°C, spesimen O memiliki tebal 1.55 mm dan spesimen P memiliki tebal 1.67 mm. Dari data diatas, didapatkan grafik perbandingan ketebalan pada frekuensi 10 kali pencelupan saat variasi suhu larutan yang berbeda seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Perbandingan ketebalan *coating* pada frekuensi 10 kali pencelupan

4.2.3. Frekuensi 15 kali Pencelupan

Pada frekuensi pencelupan ini, merupakan hasil lapisan paling tebal diantara frekuensi lainnya. Pada suhu larutan 25°C, spesimen E memiliki tebal 2.29 mm dan spesimen F memiliki tebal 2.47 mm. Pada suhu larutan 50°C, spesimen K memiliki tebal 2.41 mm dan spesimen L memiliki tebal 2.64 mm. Untuk suhu larutan 75°C, spesimen Q memiliki tebal 2.03 mm dan spesimen R memiliki tebal 1.93 mm. Dari data diatas, didapatkan grafik perbandingan ketebalan pada frekuensi 15 kali pencelupan saat variasi suhu larutan yang berbeda seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Perbandingan ketebalan *coating* pada frekuensi 15 kali pencelupan

Dengan memperhatikan setiap grafik dari tiap variasi frekuensi pencelupan, didapatkan lapisan *coating* paling tebal pada variasi suhu 50°C. Pada frekuensi 5 kali, 10 kali, dan 15 kali pencelupan, semua lapisan *coating* pada variasi suhu 50°C merupakan lapisan tertebal. Apabila diamati dari sifat larutan *coating* saat proses pencelupan, kondisi larutan *coating* pada suhu larutan 50°C memiliki viskositas yang sama dari pertama kali pembuatan hingga proses pencelupan selesai. Selain itu, pengkristalan pada lapisan *coating* terbentuk akibat pengaruh suhu larutan yang lebih tinggi. Pada kondisi suhu larutan 25°C, kondisi larutan pada saat awal mulai pencelupan memiliki viskositas lebih rendah





daripada pada saat pertengahan proses hingga akhir. Namun pengkristalan yang terjadi tidak sebaik pada suhu larutan 50°C, sehingga hasil lapisan *coating* masih lebih rendah. Untuk kondisi larutan pada suhu larutan 75°C memiliki viskositas paling encer daripada variasi suhu larutan lainnya.





4.3. Hasil Perlakuan Panas





Dalam dunia industri, semua pengolahan polimer (getah karet) sangat berhubungan dengan panas. Fungsi panas didalam dunia industri adalah sebagai pelentur dari polimer sehingga mudah dibentuk dan mudah disatukan dengan material yang lainnya. Konsep dasar industri yang sering dilakukan adalah *hot pressure*. Karena belum ada penelitian lainnya tentang pemanfaatan getah karet dengan silika sebagai *coating*, pemilihan suhu dan metode perlakuan panas ditentukan berdasarkan ASTM D1349-09. Pada standar tersebut menjelaskan pemilihan suhu berdasarkan komponen yang terkandung pada larutan *coating*.





Pemilihan temperatur panas yang digunakan mempertimbangkan dari keseluruhan komponen yang digunakan untuk pembuatan larutan. Titik didih terendah dari komposisi larutan *coating* adalah 111°C, yaitu titik didih toluena. Berdasarkan ASTM D1349-09, pemilihan suhu yang dapat digunakan adalah 100°C hingga 105 °C. Untuk metode yang digunakan adalah *thermal cycle* dengan 5 *cycle* pemberian panas. Pemilihan metode ini berdasarkan penelitian tentang penggunaan metode *thermal cycle* pada *coating* ZrB₂-SiC dan grafit yang dilapisi oleh SiC (Peng dkk, 2015). Penelitian ini menghasilkan lapisan *coating* yang tahan oksidasi tanpa mengurangi berat *coating*. Pada penelitian ini, sifat dari lapisan *coating* apabila terkena panas akan mencair dan meresap kedalam spesimen. Namun setelah kering dan dingin, permukaan *coating* akan mengeras. Meskipun perhitungan berat *coating* tidak dilakukan, namun pada penelitian ini, lapisan *coating* yang menempel pada rak saat proses pemanasan hanya sebatas kristal-kristal tipis dari tempelan lapisan *coating*. Hasil gambar perlakuan panas pada golongan spesimen yang diberi perlakuan panas pada Tabel 3.4, dapat dilihat pada Tabel 4.14.



Tabel 4.14 Daftar Gambar Spesimen Hasil Perlakuan Panas

| Suhu Larutan | Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|--------------|----------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 25°C | 5 kali | H0.A1 |  | Posisi terbawah pada rak pemanas |
| | | H0.B1 |  | |
| | 10 kali | H0.A2 |  | Posisi terbawah pada rak pemanas |
| | | H0.B2 |  | |

| Suhu Larutan | Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|--------------|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| 25°C | 15 kali | H0.A3 |  | Posisi tengah pada rak pemanas |
| | | H0.B3 |  | |
| 50°C | 5 kali | H0.A4 |  | Posisi tengah pada rak pemanas |
| | | H0.B4 |  | |

| Suhu Larutan | Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|--------------|----------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| 50°C | 10 kali | H0.A5 |  | Posisi tengah pada rak pemanas |
| | | H0.B5 |  | |
| | 15 kali | H0.A6 |  | Posisi terbawah pada rak pemanas |
| | | H0.B6 |  | |

| Suhu Larutan | Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|--------------|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 75°C | 5 kali | H0.A7 |  | Posisi teratas pada rak pemanas |
| | | H0.B7 |  | |
| | 10 kali | H0.A8 |  | Posisi teratas pada rak pemanas |
| | | H0.B8 |  | |

| Suhu Larutan | Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|--------------|----------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 75°C | 15 kali | H0.A9 |  | Posisi teratas pada rak pemanas |
| | | H0.B9 |  | |

Dari Tabel 4.14 diatas, didapatkan penjelasan dari gambar-gambar spesimen yang telah diberikan perlakuan panas bahwa:

- 1) Pada gambar H0.A1 hingga H0.A9 dapat dilihat pada lapisan *coating* tampak depan spesimen terdapat gelembung-gelembung. Gelembung yang terbentuk semakin membesar pada spesimen yang diletakkan pada tempat teratas di rak pemanas saat proses pemanasan. Suhu yang di distribusikan pada mesin *furnace* dimulai dari bagian atas terlebih dahulu, sehingga 3 (tiga) spesimen yang terletak di bagian teratas rak terkena panas lebih dahulu daripada bagian yang lainnya. Spesimen yang terletak pada tengah dan bawah rak terdapat gelembung-gelembung kecil dan lapisan *coating* terlihat lebih transparan.
- 2) Pada tampak samping spesimen yang ditunjukkan pada gambar H0.B6 dan H0.B8, terdapat tumpukan lapisan *coating* pada bagian belakang dasar material. Hal ini menjelaskan bahwa pada saat proses pemanasan

berlangsung, lapisan *coating* meleleh. Dengan adanya jeda waktu 5 menit untuk pendinginan, lapisan *coating* tidak jatuh dan tetap melekat pada spesimen.

- 3) Dari gambar-gambar pada Tabel 4.14 tersebut, ditemukan perbedaan antara tampak lapisan *coating* spesimen sebelum diberi perlakuan panas dan setelah diberi perlakuan panas. Lapisan *coating* pada spesimen sebelum diberi perlakuan panas lebih pucat, namun spesimen yang telah dipanaskan tampak lebih transparan.

Pada gambar H0.A7 hingga H0.A9 dimana spesimen dipanaskan pada posisi teratas rak, sangat terlihat perbedaan pada lapisan *coating*. Gambar H0.A7 merupakan spesimen dengan frekuensi 5 kali pencelupan pada variasi suhu 75°C yang dipanaskan. Karena ketebalan lapisan *coating* paling rendah diantara variasi frekuensi pencelupan lainnya, terlihat hanya terdapat gelembung-gelembung yang mengkristal pada tampak depan lapisan *coating*. Namun spesimen pada gambar H0.A8 dan H0.A9, tampak gelembung-gelembung kristal yang lebih besar pada tampak depan lapisan *coating*. Selain itu, proses pemanasan membuat lapisan *coating* yang terdapat pada dasar spesimen meleleh dan menggantung pada belakang spesimen seperti yang terlihat pada gambar H0.B8 dan H0.B9.

4.4. Hasil *Pull-off Test*

Untuk proses *pull-off test*, *standard* yang digunakan sebagai acuan adalah ASTM-D4541. Pada ASTM ini dijelaskan ada 5 (lima) tipe alat untuk pengujian *pull-off* pada lapisan *coating*. Pada penelitian ini, alat *manual adhesion test* yang digunakan sebagai pengujian. Alat tersebut tampak seperti pompa tarik hidrolik yang akan mengangkat *dolly* yang menempel pada permukaan *coating*. Pada proses *pull-off test* ini waktu tunggu lem adhesif yang dioleskan pada *dolly* hingga kering adalah 24 jam. Setelah itu, *dolly* yang ditempelkan pada lapisan *coating* dapat ditarik dengan menggunakan alat *pull-off test* hidrolik. Hasil dari penarikan *dolly* pada spesimen bergantung pada daya lekat dari lapisan *coating*. Daya lekat lapisan *coating* pada spesimen juga dipengaruhi dari beberapa faktor internal dan eksternal dari larutan *coating*. Faktor internal *coating* yang mempengaruhi daya


lekat adalah tingkat kekeringan pada lapisan *coating*. Untuk faktor eksternalnya yaitu, profil *roughness* dari permukaan spesimen saat *surface preparation*, *dust particle* yang tersisa pada permukaan spesimen, dan kemungkinan terdapatnya kandungan garam pada lapisan spesimen. Dari kedua faktor tersebut akan mempengaruhi kelekatan lapisan *coating* pada spesimen.





Pada penelitian ini standar minimal dari besar daya lekat lapisan *coating* adalah 4 MPa sebagai acuan dari standar industri untuk lapisan cat *primer coating*. Dari acuan tersebut, terdapat 3 (spesimen) yang memiliki hasil daya lekat *coating* lebih besar dari 4 MPa. Pada *pull-off test*, terdapat beberapa hasil yang berbeda dengan hasil *pull-off test* pada lapisan *coating* secara umum.





4.4.1. Hasil *Pull-off Test* Spesimen Tanpa Perlakuan Panas

Pada data hasil *pull-off test* spesimen tanpa perlakuan panas ini, didapatkan 1 (satu) dari 9 (sembilan) spesimen yang memenuhi batas minimum standar industri untuk nilai daya lekat lapisan *coating* yaitu 4 MPa. Spesimen G pada gambar PA.A4 dari variasi suhu larutan *coating* 50°C dan variasi frekuensi 5 kali pencelupan, memiliki nilai daya lekat lapisan *coating* sebesar 4.6 MPa. Nilai dari daya lekat lapisan *coating* pada spesimen lainnya belum mencapai syarat minimum. Dari hasil setelah proses *pull-off test*, lapisan *coating* pada spesimen tidak terangkat secara keseluruhan. Dapat dilihat dari hasil gambar yang ada pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Daftar Gambar Hasil *Pull-off Test* Spesimen Tanpa Perlakuan Panas

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 5 kali | PA.A1 |  | Suhu larutan 25°C |

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 10 kali | PA.A2 |  | Suhu larutan 25°C |
| 15 kali | PA.A3 |  | |
| 5 kali | PA.A4 |  | Suhu larutan 50°C |
| 10 kali | PA.A5 |  | |

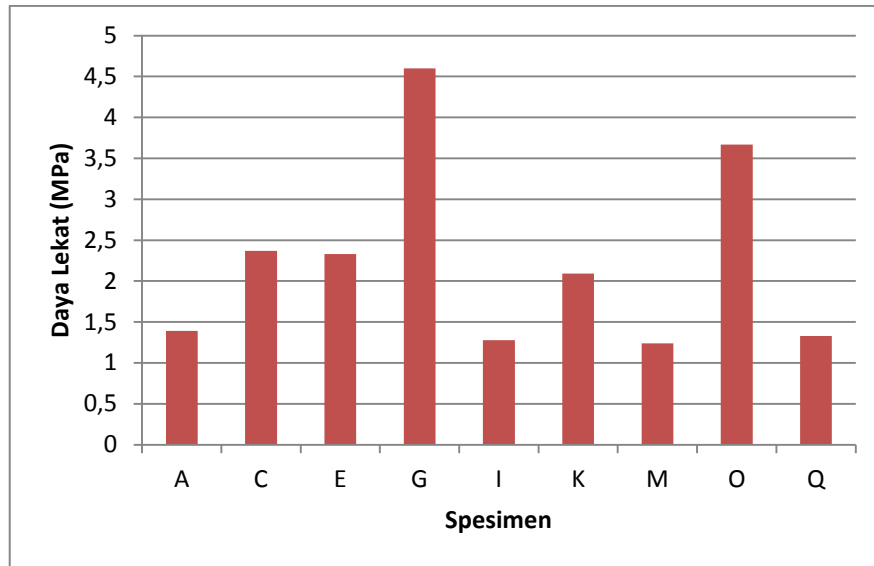
| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 15 kali | PA.A6 |  | Suhu larutan 50°C |
| 5 kali | PA.A7 |  | Suhu larutan 75°C |
| 10 kali | PA.A8 |  | |
| 15 kali | PA.A9 |  | |

Dari beberapa gambar pada Tabel 4.15 diatas, didapatkan penjelasan bahwa lapisan *coating* tidak seluruhnya terangkat dari spesimen. Dapat diamati pada gambar PA.A5 dan PA.A6 bahwa lapisan *coating* yang terangkat hanya sedikit dan menyisakan banyak lapisan *coating* yang tersisa. Hal ini dapat disebabkan oleh lapisan *coating* yang terlalu tebal sehingga *coating* belum kering seluruhnya. Selain itu juga dapat disebabkan oleh lapisan *coating* yang terlalu menempel pada lapisan spesimen. Dari *pull-off test* pada setiap spesimen, didapatkan nilai daya lekat lapisan *coating* pada setiap spesimen dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Nilai Daya Lekat Lapisan *Coating* Spesimen Tanpa Perlakuan Panas

| Spesimen | Daya Lekat (MPa) |
|----------|------------------|
| A | 1,39 |
| C | 2,37 |
| E | 2,33 |
| G | 4,6 |
| I | 1,28 |
| K | 2,09 |
| M | 1,24 |
| O | 3,67 |
| Q | 1,33 |

Dari data nilai diatas, didapatkan spesimen G yang memenuhi standar industri untuk batas minimum daya lekat lapisan *coating* pada pengecatan bangunan laut yaitu sebesar 4.6 MPa. Hasil yang tidak berpola ini disebabkan karena pada penelitian ini, pengetesan *dust particle* berdasarkan ISO 8502-3 tahun 1999 diabaikan. *Dust particle* akan menghalangi masuknya dan melekatnya lapisan *coating* pada spesimen, sehingga lapisan *coating* akan lebih mudah ditarik. Dari data nilai daya lekat pada Tabel 4.16 diatas didapatkan grafik perbedaan daya lekat pada tiap spesimen dalam golongan tanpa perlakuan panas seperti pada Gambar 4.4, sebagai berikut:








Gambar 4.4 Grafik Nilai Daya Lekat Lapisan *Coating* Spesimen Tanpa Perlakuan Panas



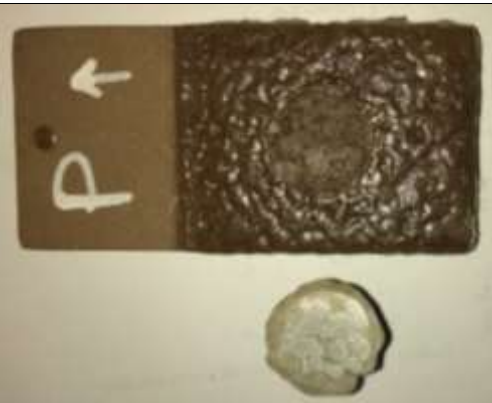

4.4.2. Hasil *Pull-off Test* Spesimen Dengan Perlakuan Panas

Pada data hasil *pull-off test* spesimen dengan perlakuan panas ini, didapatkan 2 (dua) dari 9 (sembilan) spesimen yang memenuhi batas minimum standar industri untuk nilai daya lekat lapisan *coating* yaitu 4 MPa. Lapisan *coating* spesimen yang telah dilakukan *pull-off* tidak terangkat secara keseluruhan. Gambar dari lapisan *coating* tiap spesimen setelah *pull-off test* ditampilkan pada Tabel 4.17, sebagai berikut:

Tabel 4.17 Daftar Gambar Hasil *Pull-off Test* Spesimen Dengan Perlakuan Panas

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 5 kali | PB.A1 |  | Suhu larutan 25°C |

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 10 kali | PB.A2 |  | Suhu larutan 25°C |
| 15 kali | PB.A3 |  | |
| 5 kali | PB.A4 |  | Suhu larutan 50°C |
| 10 kali | PB.A5 |  | |

| Frekuensi Pencelupan | Kode Gambar | Gambar | Keterangan |
|----------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 15 kali | PB.A6 |  | Suhu larutan 50°C |
| 5 kali | PB.A7 |  | Suhu larutan 75°C |
| 10 kali | PB.A8 |  | |
| 15 kali | PB.A9 |  | |

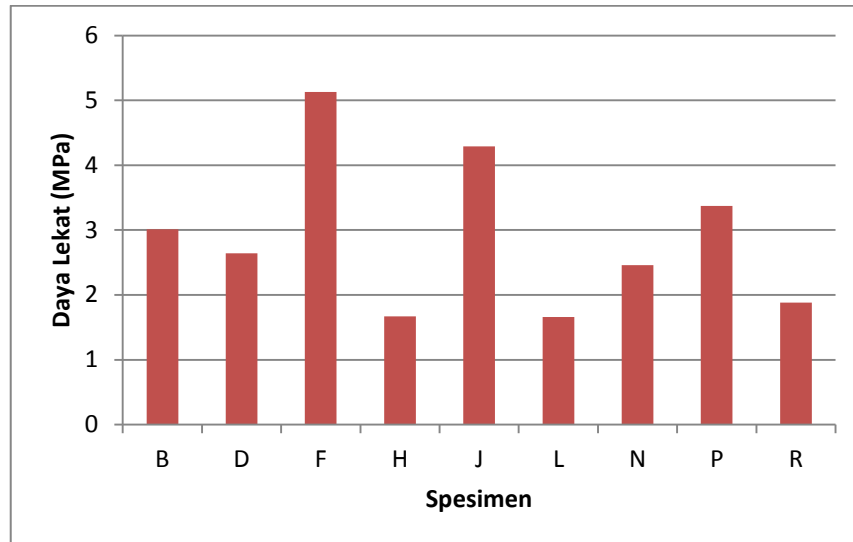
Dari semua gambar pada Tabel 4.17 diatas, didapatkan penjelasan bahwa lapisan *coating* tidak seluruhnya terangkat dari spesimen yang dikenai panas. Dapat diamati pada gambar PB.A4 dan PB.A8 bahwa lapisan *coating* pada permukaan saja yang terangkat sedikit dan menyisakan banyak lapisan *coating* yang tersisa. Hal ini dapat disebabkan oleh lapisan *coating* yang tebal dan dipanaskan. Panas berpengaruh pada tekstur dari karet yang akan mencair. Pada saat pemanasan, lapisan yang meleleh akan lebih masuk kedalam permukaan spesimen sehingga lapisan *coating* lebih terikat. Efek lainnya adalah, panas yang menyebabkan melelehnya lapisan *coating* akan membuat lapisan *coating* lebih basah dari sebelumnya. Pengkristalan yang terjadi saat pemanasan juga dapat membuat lapisan *coating* lebih menempel dari variasi tanpa perlakuan panas. Dari *pull-off test* pada setiap spesimen, didapatkan nilai daya lekat lapisan *coating* pada setiap spesimen dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Nilai Daya Lekat Lapisan *Coating* Spesimen Dengan Perlakuan Panas

| Spesimen | Daya Lekat (MPa) |
|----------|------------------|
| B | 3,01 |
| D | 2,64 |
| F | 5,13 |
| H | 1,67 |
| J | 4,29 |
| L | 1,66 |
| N | 2,46 |
| P | 3,37 |
| R | 1,88 |

Dari Tabel 4.18, dapat diketahui bahwa daya lekat yang memenuhi syarat standar daya lekat industri adalah spesimen F dengan daya lekat sebesar 5.13 MPa dan spesimen J dengan daya lekat 4.29 MPa. Spesimen F pada gambar PB.A3 masih menyisakan sedikit lapisan *coating* pada spesimen. Spesimen J pada gambar PB.A5 masih menyisakan lapisan *coating* lebih banyak dari spesimen F, namun tetap menghasilkan nilai daya lekat yang baik. Untuk spesimen lainnya, faktor masih basahnya *coating*, pengkristalan *waterglass*, dan *roughness*

permukaan sangat berpengaruh pada daya lekat dan tersisnya lapisan *coating* pada spesimen. Dari data nilai daya lekat pada Tabel 4.18 diatas didapatkan grafik perbedaan daya lekat pada tiap spesimen dalam golongan tanpa perlakuan panas seperti pada Gambar 4.5, sebagai berikut:



Gambar 4.5 Grafik Nilai Daya Lekat Lapisan *Coating* Spesimen Dengan Perlakuan Panas

Daya lekat lapisan *coating* pada spesimen sangat bergantung pada *roughness* permukaan spesimen. Persiapan permukaan spesimen yang dilakukan akan sangat berpengaruh pada lekatnya *coating*. Banyaknya pori-pori yang berbentuk jurang atau lembah pada permukaan spesimen akan membuat *coating* lebih masuk pada permukaan spesimen dan lebih lekat (Finanda, 2010). Namun adanya *dust particle* yang menempel pada saat proses *dip coating* akan menutup pori-pori dan membuat lapisan lebih mudah terangkat. Dalam penelitian ini, tingkat kekeringan yang belum diketahui standar dari waktunya membuat lapisan spesimen yang belum kering akan mempengaruhi kekuatan dari lapisan *coating* tersebut.

Dari ketiga hasil yang memenuhi tersebut, spesimen F dan J memiliki tebal diatas tebal rata-rata yaitu 0.80 mm dan 0.50 mm dan spesimen G memiliki tebal 0.01 mm dibawah tebal rata-rata. Spesimen F dan J termasuk spesimen dengan ketebalan tinggi yang diberi perlakuan panas. Hal ini membuktikan bahwa panas berpengaruh pada daya adhesi dari *coating* getah karet dengan silika ini.

4.5. Pembahasan

Terdapat beberapa faktor yang diteliti didalam penelitian ini. Mulai dari percobaan yang dilakukan pada BAB III untuk menentukan persiapan permukaan yang baik untuk penelitian ini dan percobaan penentuan komposisi perbandingan larutan getah karet dengan *waterglass* untuk pembuatan larutan *coating* yang homogen sehingga dapat digunakan untuk proses *dip coating*. Pemberian variasi suhu larutan pada saat proses pencelupan sebesar 25°C, 50°C, dan 75°C serta pemberian variasi dari frekuensi pencelupan sebesar 5 kali, 10 kali, dan 15 kali. Selain itu menganalisis hasil lapisan *coating* setelah proses *dip coating* pada setiap spesimen dengan setiap variasi yang diberikan yang nantinya akan berpengaruh pada ketebalan lapisan. Pemberian perlakuan panas pada 9 (sembilan) spesimen terpilih, dianalisis untuk menentukan pengaruh dari perlakuan panas terhadap daya lekat atau gaya adhesi dari setiap lapisan *coating* dengan ketebalan yang berbeda-beda. Dari beberapa faktor didapatkan pembahasan untuk penelitian ini, sebagai berikut:

1. Persiapan permukaan spesimen yang baik adalah dengan menggunakan metode *blasting* dengan material *blasting steel grid* #18 dan tekanan 7 bar. Pada penelitian ini *blasting* dilakukan dengan standar Sa 3. Kekasaran permukaan yang didapatkan adalah sebesar 102 μm . Semakin tinggi nilai kekasaran, maka larutan *coating* yang diaplikasikan akan lebih masuk dan menempel pada spesimen.
2. Penentuan perbandingan komposisi dari larutan getah karet dengan *waterglass* harus memperhatikan sifat dasar dari kedua larutan. Untuk menghasilkan larutan yang homogen dengan pencampuran larutan *oil based* dengan *water based*, larutan *oil based* harus memiliki komposisi lebih tinggi dari komposisi larutan *water based*. Sehingga didapatkan perbandingan 2:1 untuk larutan getah karet dengan *waterglass* atau silika.
3. Percobaan yang dilakukan dengan menggunakan lem PVC sebagai pengganti polimer untuk mengikat silika menghasilkan lapisan *coating* yang bergelembung seperti terjadi porositas pada lapisan *coating*.
4. Penentuan variasi suhu larutan *coating* dilakukan dengan dasar metode *hot dip coating* yang menghasilkan hasil *coating* yang lebih menempel pada

spesimen. Pemilihan suhu larutan mempertimbangkan suhu ruangan sebesar 25°C, sedangkan suhu larutan 50°C dan 75°C merupakan kelipatan dari suhu ruangan yang tidak boleh melebihi dari 100°C untuk menghindari penguapan dari toluena.

5. Untuk variasi frekuensi pencelupan, didapatkan pada saat percobaan pencelupan spesimen kedalam larutan *coating*. Frekuensi 3 (tiga) kali pencelupan belum membuat lapisan *coating* membentuk lapisan pelindung karena masih terlihat struktur kekasaran permukaan. Sehingga ketika dilakukan 5 (lima) kali pencelupan didapatkan lapisan pelindung pada permukaan spesimen. Sedangkan untuk nilai 10 dan 15 kali merupakan kelipatan dari 5 kali pencelupan.
6. Untuk suhu perlakuan panas, ditentukan dari titik didih terendah yang menyusun larutan *coating* yaitu titik didih milik toluena sebesar 111°C. Sehingga dengan berdasarkan ASTM D1349-09 untuk syarat penentuan suhu perlakuan panas pada material menggunakan kurang lebih 2°C dibawah titik didih dari material uji. Oleh karena itu, suhu yang digunakan untuk perlakuan panas pada spesimen adalah 100°C hingga 105°C.
7. Hasil dari ketebalan lapisan *coating* pada setiap spesimen akan berbeda bergantung pada frekuensi pencelupan. Akan tetapi, suhu larutan juga memiliki pengaruh untuk hasil ketebalan dari lapisan *coating*. Suhu larutan yang lebih tinggi dari 50°C akan berpengaruh pada viskositas larutan *coating*. Dimana semakin kecil viskositas larutan akan menghasilkan lapisan lebih tipis.
8. Perlakuan panas mempengaruhi morfologi dari lapisan *coating*. Setelah dilakukan perlakuan panas, lapisan *coating* akan lebih bening dan mengkristal setelah meleleh. Namun pelelehan tersebut berpengaruh pada daya lekat dari lapisan *coating*. Hal ini dibuktikan pada hasil *pull-off test*. Dua dari tiga spesimen yang memiliki nilai lebih tinggi dari standar minimum industri merupakan spesimen yang diberi perlakuan panas sebelum dilakukan *pull-off test*.

9. Hasil *pull-off test* yang memenuhi terdapat pada 3 spesimen, yaitu:
- a. Spesimen F dengan daya lekat 5.13 MPa, variasi frekuensi 15 kali pencelupan, suhu larutan *coating* 25°C, dan diberi perlakuan panas.
 - b. Spesimen G dengan daya lekat 4.60 MPa, variasi frekuensi 5 kali pencelupan, suhu larutan 50°C, dan tanpa perlakuan panas.
 - c. Spesimen J dengan daya lekat 4.29 MPa, variasi frekuensi 10 kali pencelupan, suhu larutan 50°C, dan diberi perlakuan panas.

Dari ketiga spesimen dapat dikerucutkan menjadi, lapisan *coating* baik dihasilkan dari larutan *coating* pada suhu larutan 50°C, dengan ketebalan 0.5-1.0 mm diatas ketebalan rata-rata, dan diberi perlakuan panas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari analisa dan pembahasan yang dilakukan pada bab sebelumnya, dapat diambil kesimpulan antara lain:.

1. Frekuensi pencelupan pasti berpengaruh pada ketebalan lapisan *coating*. Akan tetapi, suhu larutan juga dapat berpengaruh pada ketebalan lapisan *coating* karena mempengaruhi viskositas dari larutan *coating*. Semakin kecil viskositas dari larutan, maka lapisan *coating* yang dihasilkan akan lebih tipis.
2. Lapisan *coating* baik dengan hasil daya lekat atau gaya adhesi diatas standar industri dihasilkan dari spesimen yang diberi perlakuan panas dan dicelupkan pada larutan *coating* dengan suhu larutan 50°C, dengan ketebalan 0.5-1.0 mm diatas ketebalan rata-rata.

5.2 Saran

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk pengembangan inovasi di bidang *coating* pada dunia industri. Banyak kekurangan dari proses pengerjaan penelitian ini karena merupakan inovasi baru dan kurangnya sumber tentang penelitian terkait. Agar mendapatkan hasil yang lebih baik di masa mendatang, beberapa saran disampaikan oleh penulis untuk dikembangkan pada penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Menentukan viskositas untuk variasi larutan *coating*.
2. Menentukan waktu pengeringan lapisan *coating*.
3. Pengukuran *dust particle* untuk variasi *surface preparation* sebelum dilakukan proses *coating*.
4. Membandingkan metode pelapisan lainnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Agbadua, Segun Afokhainu; C.O Mgbemena; C.E Mgbemena; dan L.O Chima. 2011. Thermal Cycling Effects on the Fatigue Behavior of Low Carbon Steel. **Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering**. Vol. 10, No.14, pp.1345-1357, 2011. USA
- Ambarwati dan Vicky Samsiadi. 2010. “Pelapisan Hidrofobik Pada Kaca dengan Metode Sol Gel Berbasis *Waterglass*”. **Tugas Akhir**. Surabaya: Jurusan Teknik Kimia-Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- American Society for Testing and Materials. 2009. **ASTM D1349 – 09 Standard Practice for Rubber – Standard Termperatures for Testing**. ASTM Internasional.
- American Society for Testing and Materials. 2002. **ASTM D 4541 – 02 Standard Test Method for Pull-Off Strength of Coating Using Portable Adhesion Tester**. ASTM International.
- American Society for Testing and Materials. 2015. **ASTM D8016 – 15 Standard Test Method for Silica, Precipitated, Hydrated-Sears Number**. ASTM Internasional.
- AZoNano. 2013. **Silicon Dioxide, Silica (SiO₂) Nanoparticles – Properties, Applications**. <http://www.azonano.com/article.aspx?ArticleID=3398>. Diakses pada tanggal 7 Mei 2017
- Chandler, Kenneth A. 1985. **Marine and Offshore Corrosion**. London. Butterworths.

Dewi, Ika Marcelina; Imam Rochani; dan Heri Supomo. 2011. “Studi Perbandingan Laju Korosi dengan Variasi Cacat *Coating* pada Pipa API 5L Grade X65 dengan Media Korosi NaCl”. **Jurnal Tugas Akhir**. Surabaya: Jurusan Teknik Kelautan-Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

DFD Instruments. *ASTM D4541 and ISO 4624 – Pull-off adhesion testing of paint, varnish and other coatings and films with the PAT adhesion tester and the DFD method*. <http://www.dfdinstruments.co.uk/topics/Study5-ASTM-D4541.htm>. Diakses pada tanggal: 8 Februari 2017.

Du, Zhongyan; Shaoguo Wen; Jihu Wang; Changle Yin; Dayang Yu; Jian Luo. 2016. “The Review of Powder Coatings”. **Journal of Materials Science and Chemical Engineering**. 2016, 4, 54-59.

Dvořák, Milan dan Emil Schwarzer. 2012. “New Methods Testing of Adhesion of the Coating to Sheet Metal Bending”. **Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology**. 2012, 2, 61-64.

Edriana, E; Erik Dahlian; dan E.S Sumadiwangsa. 2004. “Teknik Pembuatan Pernis dari Damar untuk Usaha Kecil”. **Jurnal Penelitian Hasil Hutan**. Vol.22 No.4, Desember 2004: 205-213.

Finanda, F. 2010. “Pengaruh Perbedaan Pigmen dan Binder pada Organic Coating terhadap Ketahanan Korosi dan Daya Lekat Pelapisan yang Diaplikasikan pada Pelat Baja Karbon Rendah”. **Tugas Akhir**. Depok: Program Studi Teknik Metalurgi dan Material-Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.

H. Schmidt dan M. Mennig. **Wet Coating Technologies for Glass The Sol-Gel Gateway**. <http://www.solgel.com/articles/nov00/mennig.htm>. Diakses pada tanggal: 8 Februari 2017

Hadad, M; G. Marot; Ph. Demarecaux; J. Lesage; S.Siegmann. 2005.” Adhesion Tests for Thermal Sprayed Coating: Application Range of Tensile, Shear, and Interfacial Indentation Methods”. **Proceeding of ITSC 2005**. Thermal Spray connects: Explore its surfacing potential (2005) p.759-764, ISBN 3-87155-793-5.

Hamidah, Nur dan Meta Fitri Rizkiana. 2012. “Pelapisan Hidrofobik pada Kaca melalui Metode Sol-Gel dengan *Precursor Waterglass*”. **Jurnal Teknik POMITS**. Vol.1 No.1 (2012) 1-4.

Harrison, William N; Dwight G. Moore; and Joseph C. Richmond. 1947. ”Ceramic Coating for High-Temperature Protection of Steel”. **Part of Journal of Research of the National Bureau of Standards**. Research Paper RPI Volume 38, March 1947.

International Organization for Standardization. 2001. **ISO 8501-1 Pictorial Standards of Cleanliness**. ISO

International Organization for Standardization. 1999. **ISO 8502-3 Preparation of Steel Substrate before Application of Paints and Related Products**. ISO

Norsok Standard. 1994. **Common Requirements Surface Preparation and Protective Coating**. M-CR-501

ONEAL. **ASTM A36 STEEL PLATE**. <http://www.onealsteel.com/carbon-steel-plate-a36.html>. Diakses pada tanggal: 8 Februari 2017.

Peng, Wang; Zhou Shanbao; Zhang Xinghong; Gui Kaixuan; Li Yongxia; An Jiadong; dan Han Wenbo. 2015. “Thermal cycling and oxidation resistance of B modified ZrB₂-SiC coatings on SiC coated graphite”. **Surface & Coatings Technology**. Surface & Coatings Technology 280 (2015) 330-337.

Perry, Robert H; dan Don W. Green. 2008. **Perry's Chemical Engineers' Handbook, Eight Edition**. McGraw-Hill Professional.

Ramadhan, Arief dan Ary Achyar Alfa. 2006. "Pengaruh Hidrolisis Protein Lateks dan Penambahan Toluene pada Degradasi Partikel Karet Alam dengan Senyawa H_2O_2 dan $NaOCl$ ". **Balai Penelitian Teknologi Karet Bogor**. Bogor. Jurnal Penelitian.

Rochmat, Agus; BP Putra; Ela Nuryani; Marta Pramudita. 2016. "Karakterisasi Material Campuran SiO_2 dan Getah Flamboyan (*Delonix regia*) Sebagai Material *Coating* Pencegah Korosi Pada Baja". **Jurnal Teknologi Kimia Unimal**. 5: 2 (November 2016) 27-36.

Sudiashri, Melisa; Sungging Pintowantoro; Yuli Setiyorini. 2012. "Pengaruh Variasi Temperatur dan Hot Dip Alumizing terhadap Ketahanan Erosi dan Temperatur Tinggi pada Material SA 106 Grade B". **Jurnal Teknik POMITS**. Vol.1, No.2, (2012) ISSN: 2301-9271.

Sutanto, J; Chandra H; Widyastuti P; Arsyad R; Helena T; Mayyasah D; Edward H. 2012. **Indonesia, Malaysia dan Thailand Sepakat Perbaiki Harga Karet Alam**. <http://www.jaringnews.com/ekonomi/sektor-riil/29798/indonesia-malaysia-dan-thailand-sepakat-perbaiki-harga-karet-alam>. Diakses pada tanggal: 16 Juli 2017

Syahra, Dina Mila Tika dan Munasir. 2015. "Analisis Sifat Korosi Material Pelapis PANi- SiO_2 /cat Pada Medium NaCl 1M dengan Metode EIS". **Jurnal Inovasi Fisika Indonesia**. Volume 04 Nomor 03 Tahun 2015, hal 101-105.

Wikipedia. 2017. **Toluene**. <https://en.wikipedia.org/wiki/Toluene>. Diakses pada tanggal 23 Juli 2017

Winarto, Dwi. 2012. **Ilmu Kimia-Polimer**.
<https://www.ilmukimia.org/2013/03/polimer.html>. Diakses pada tanggal: 8
Februari 2017

Winarto, Dwi. 2012. **Ilmu Kimia-Polimer Alam**.
<https://www.ilmukimia.org/2013/03/polimer-alam.html>. Diakses pada
tanggal: 8 Februari 2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN A

Hasil Foto Makro Penampang Melintang Potongan Spesimen



Gambar 1. Foto Makro Spesimen A



Gambar 2. Foto Makro Spesimen B



Gambar 3. Foto Makro Spesimen C



Gambar 4. Foto Makro Spesimen D



Gambar 5. Foto Makro Spesimen E



Gambar 6. Foto Makro Spesimen F



Gambar 7. Foto Makro Spesimen G



Gambar 8. Foto Makro Spesimen H



Gambar 9. Foto Makro Spesimen I



Gambar 10. Foto Makro Spesimen J



Gambar 11. Foto Makro Spesimen K



Gambar 12. Foto Makro Spesimen L



Gambar 13. Foto Makro Spesimen M



Gambar 14. Foto Makro Spesimen N



Gambar 15. Foto Makro Spesimen O



Gambar 16. Foto Makro Spesimen P



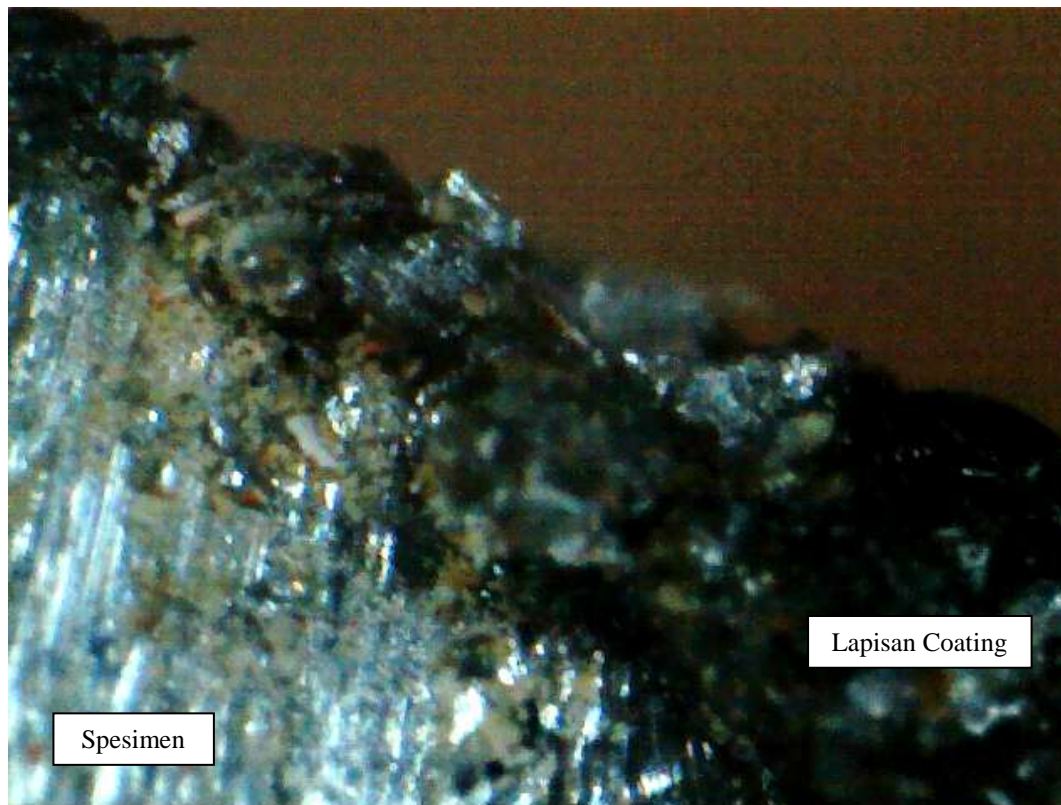
Gambar 17. Foto Makro Spesimen Q



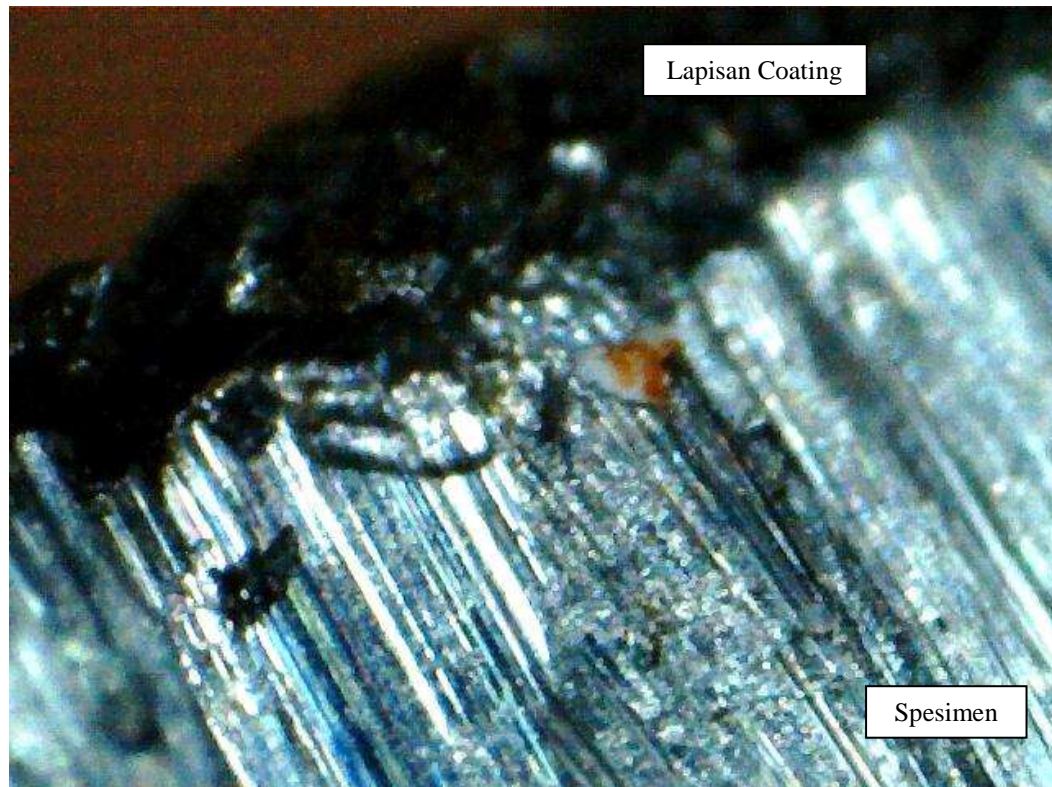
Gambar 18. Foto Makro Spesimen R

LAMPIRAN B

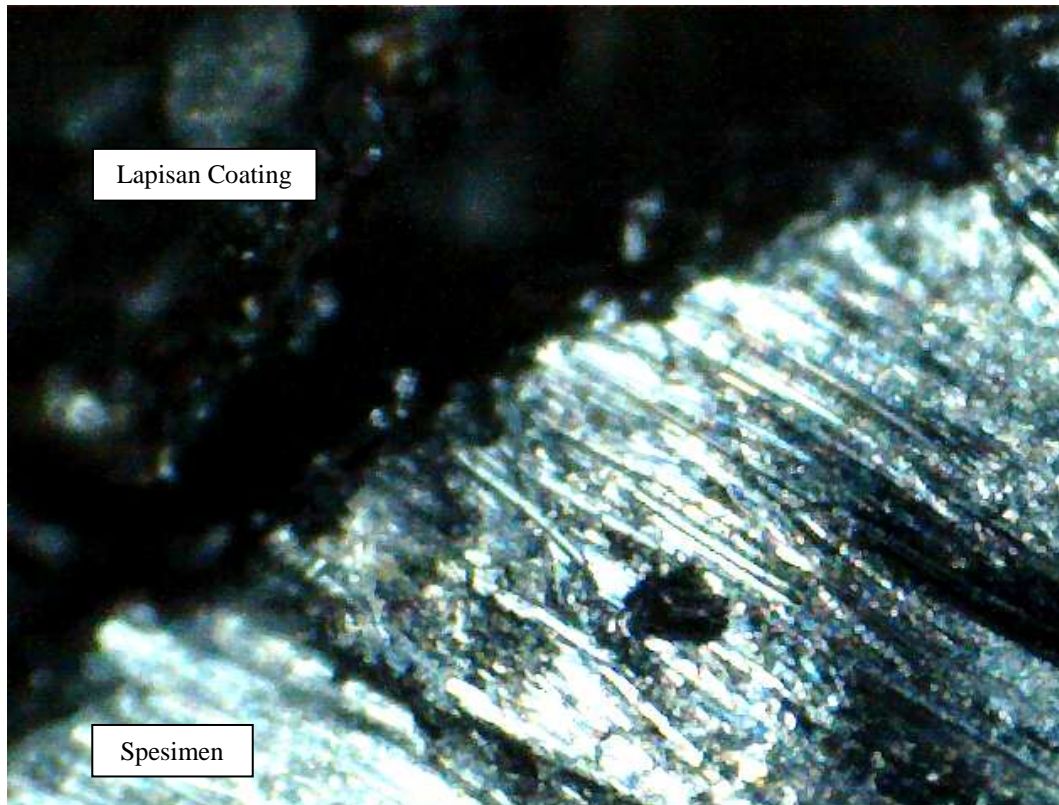
Hasil Foto Mikro Penampang Melintang Potongan Spesimen



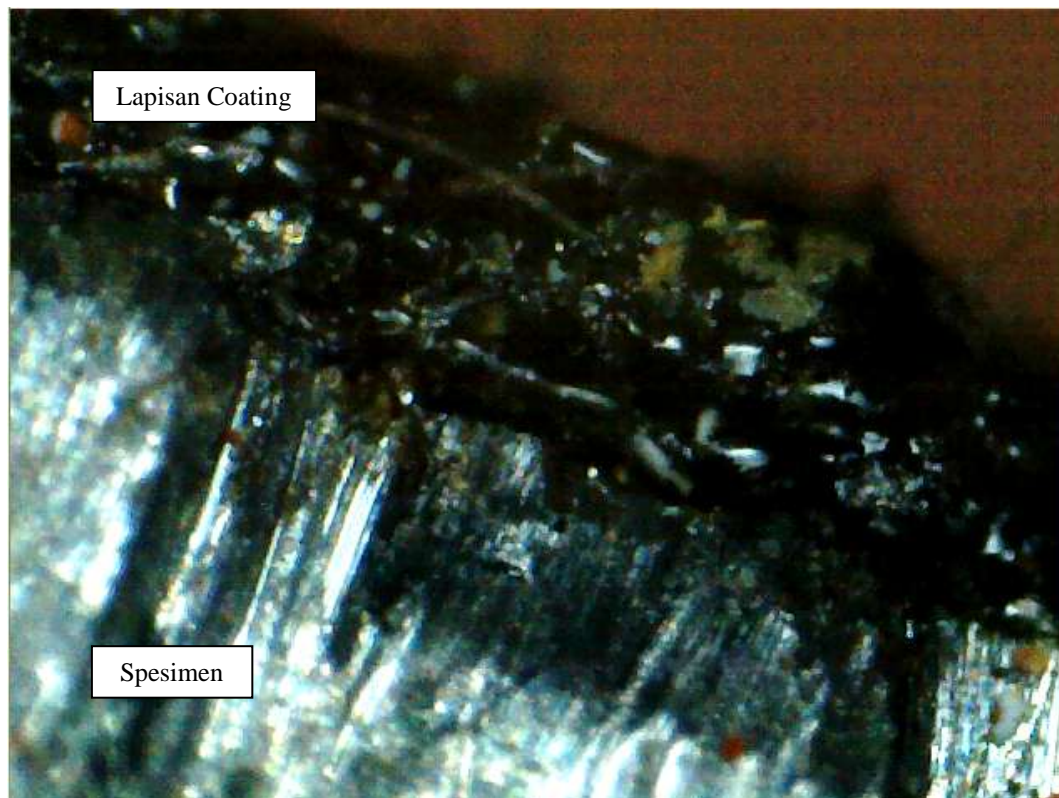
Gambar 1. Foto Mikro Spesimen A



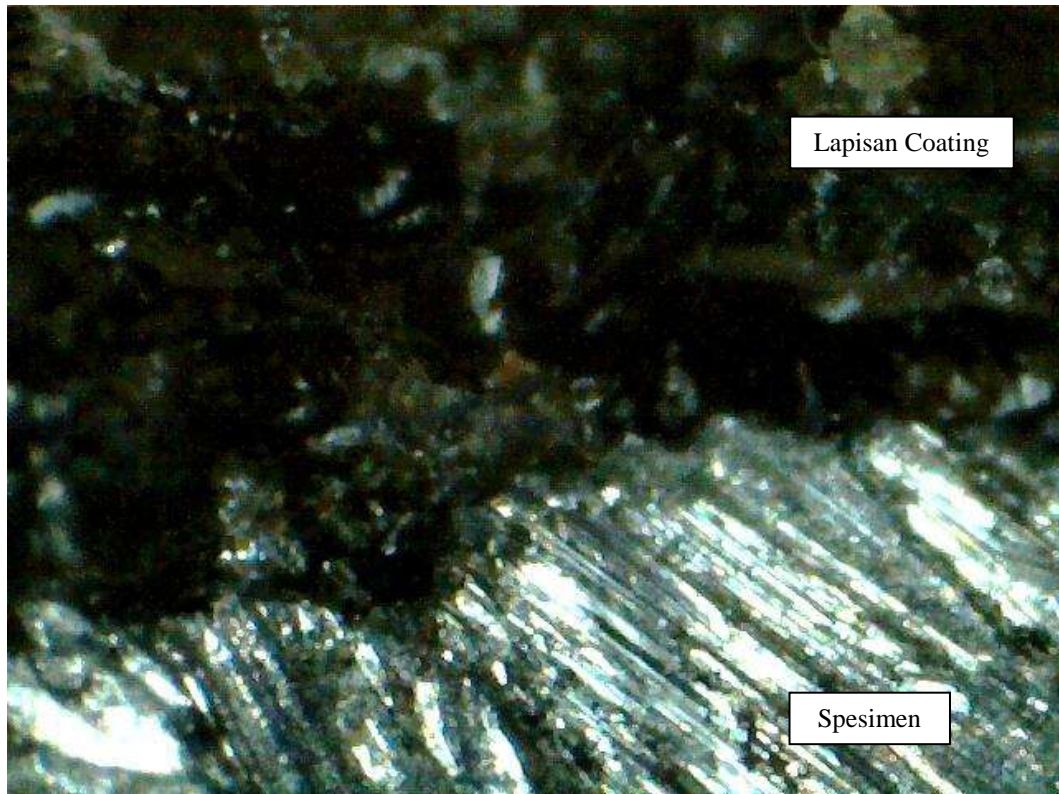
Gambar 2. Foto Mikro Spesimen B



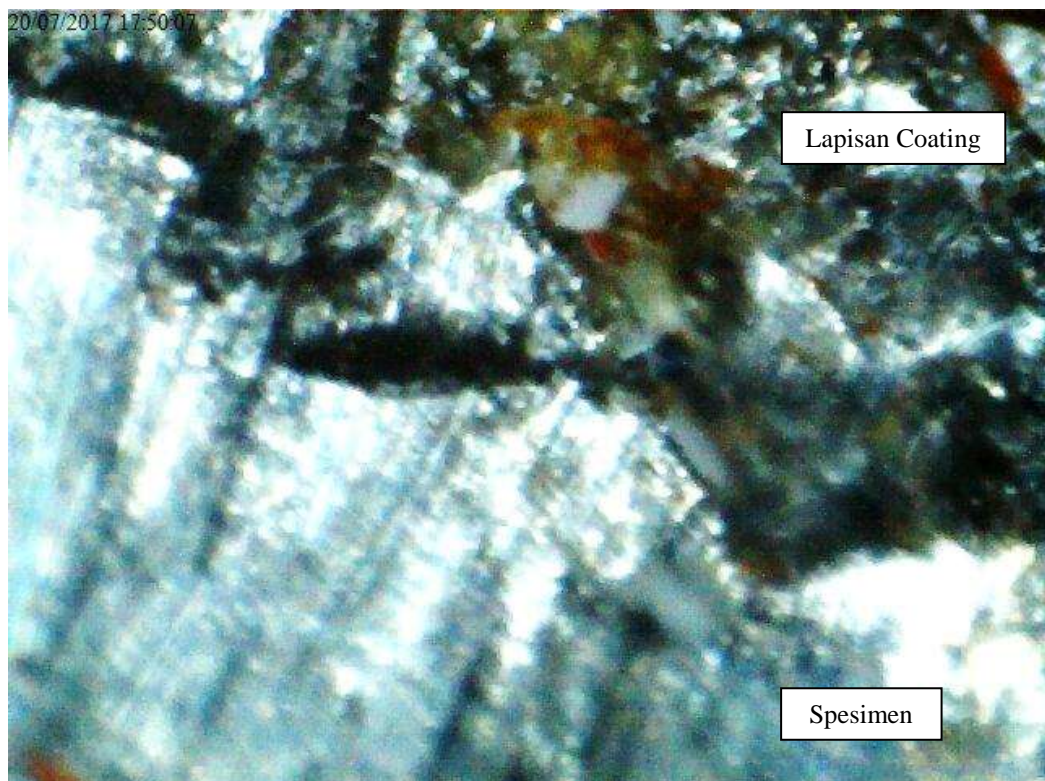
Gambar 3. Foto Mikro Spesimen C



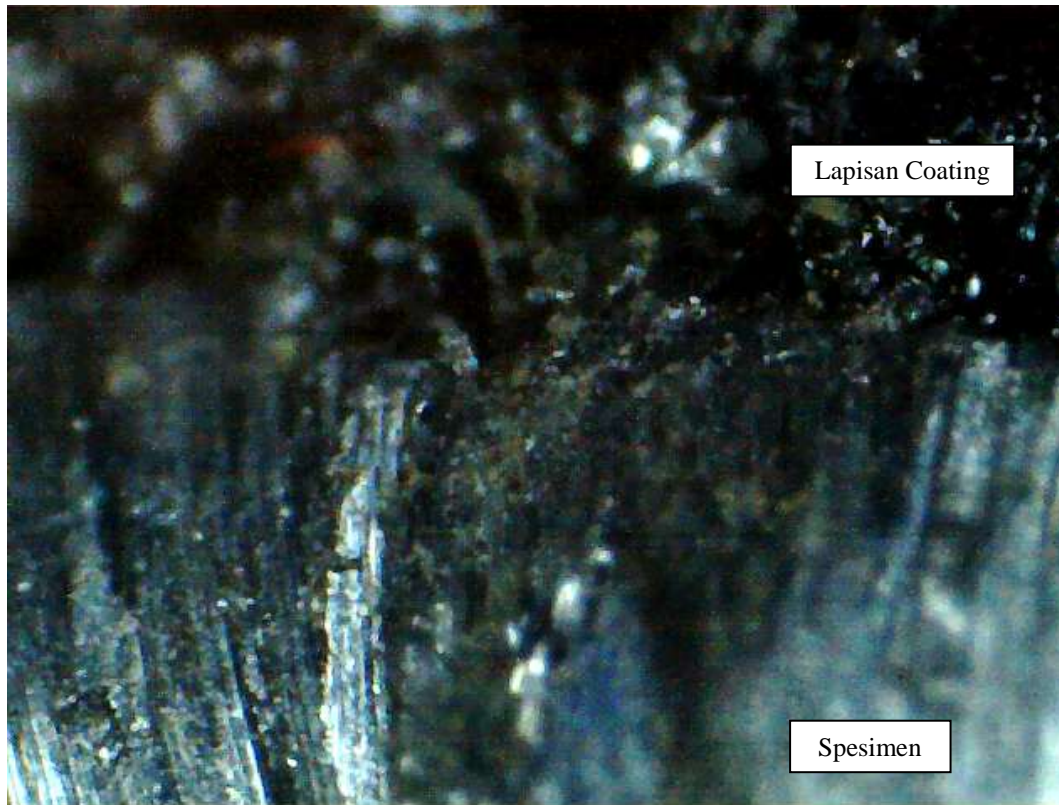
Gambar 4. Foto Mikro Spesimen D



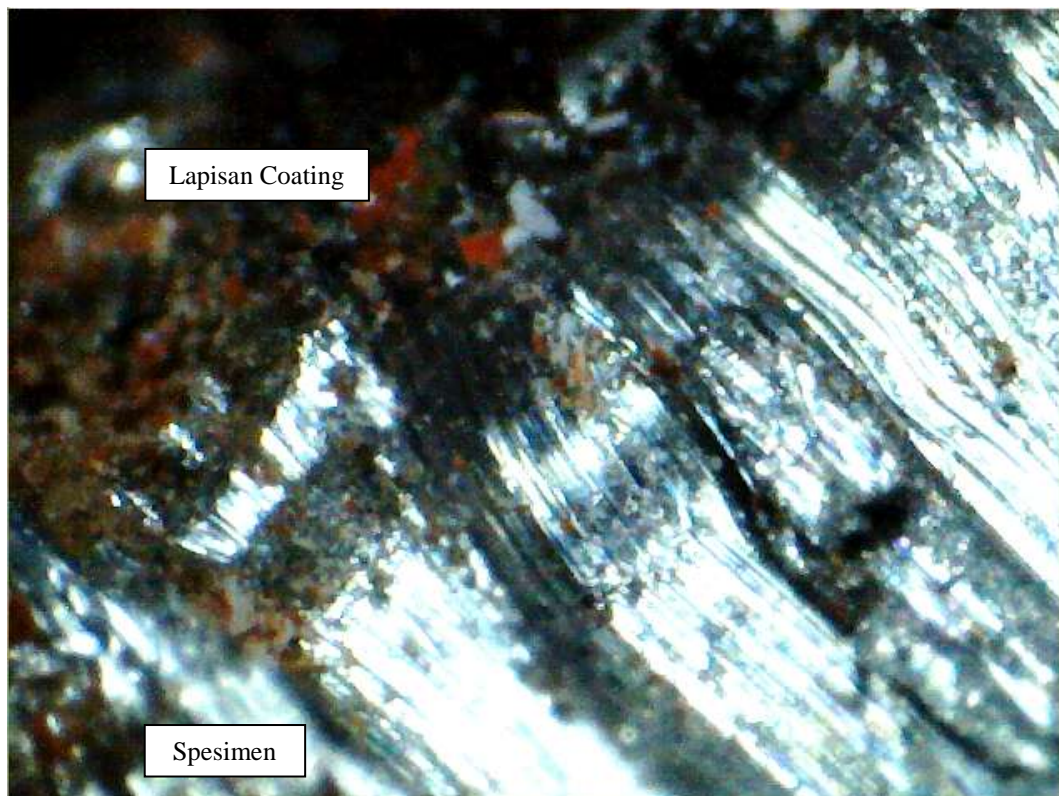
Gambar 5. Foto Mikro Spesimen E



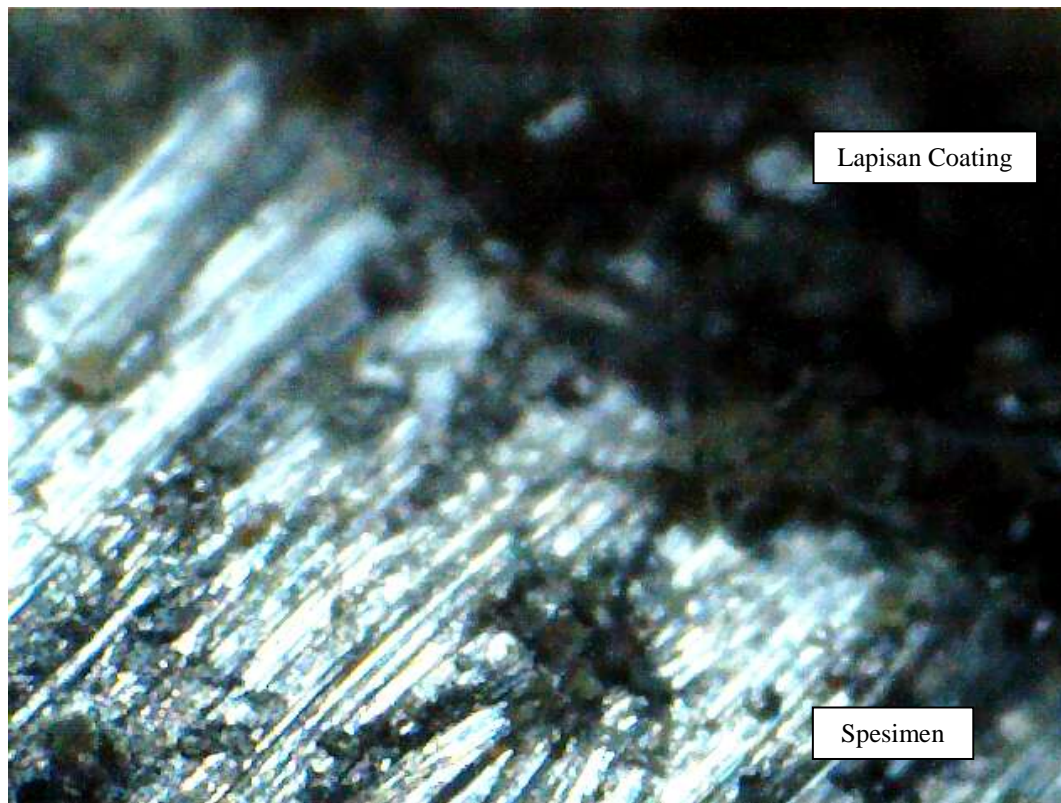
Gambar 6. Foto Mikro Spesimen F



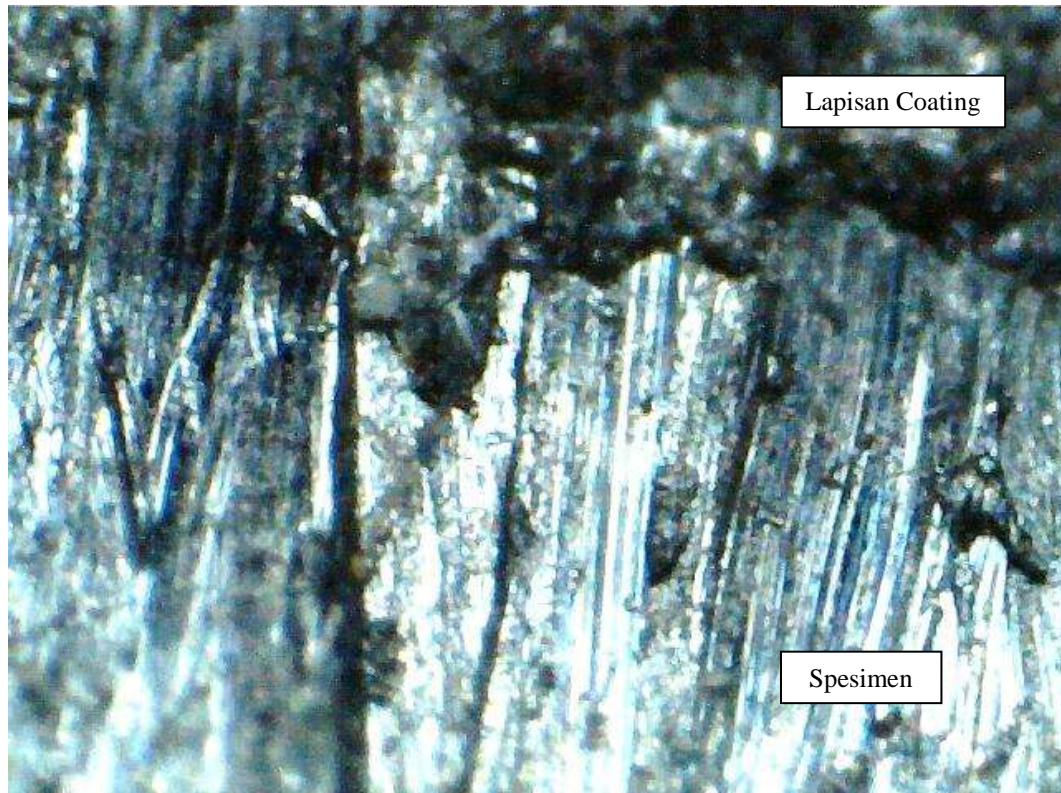
Gambar 7. Foto Mikro Spesimen G



Gambar 8. Foto Mikro Spesimen H



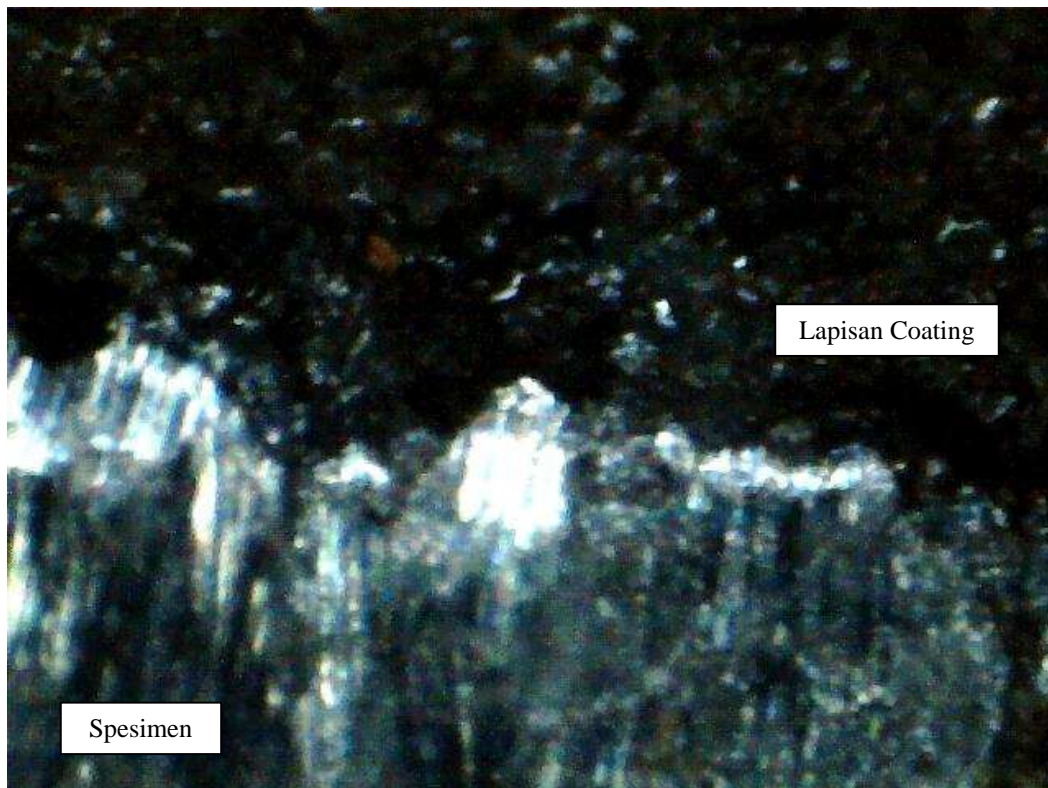
Gambar 9. Foto Mikro Spesimen I



Gambar 10. Foto Mikro Spesimen J



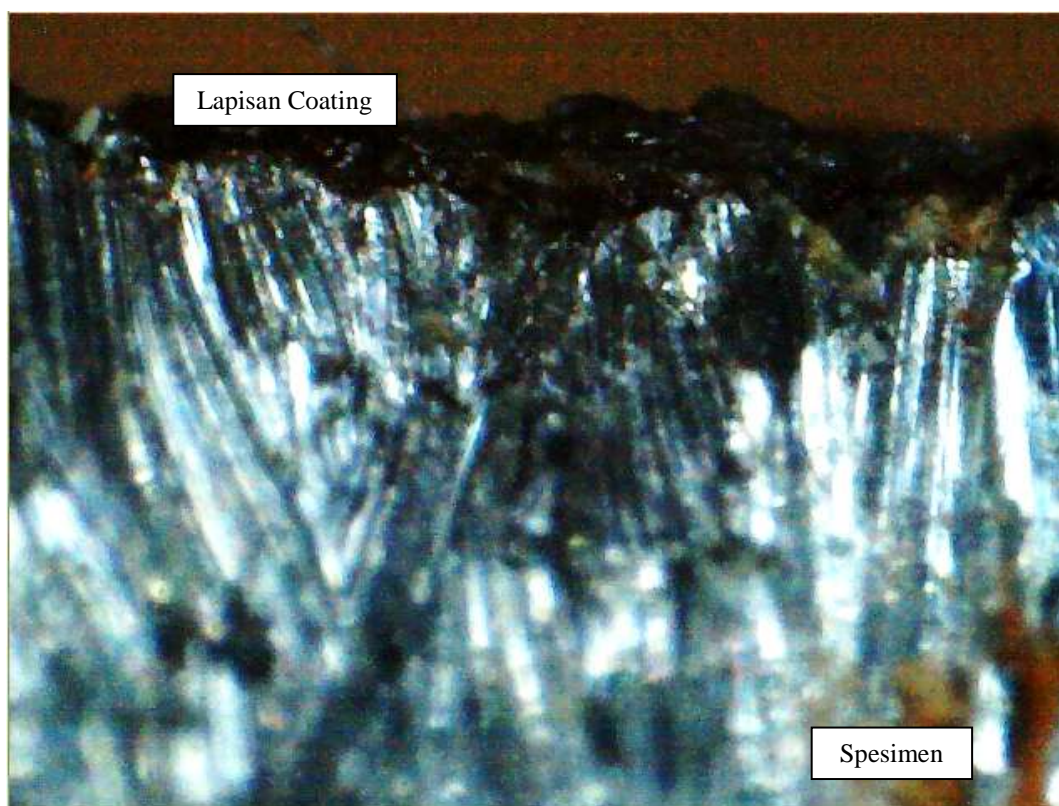
Gambar 11. Foto Mikro Spesimen K



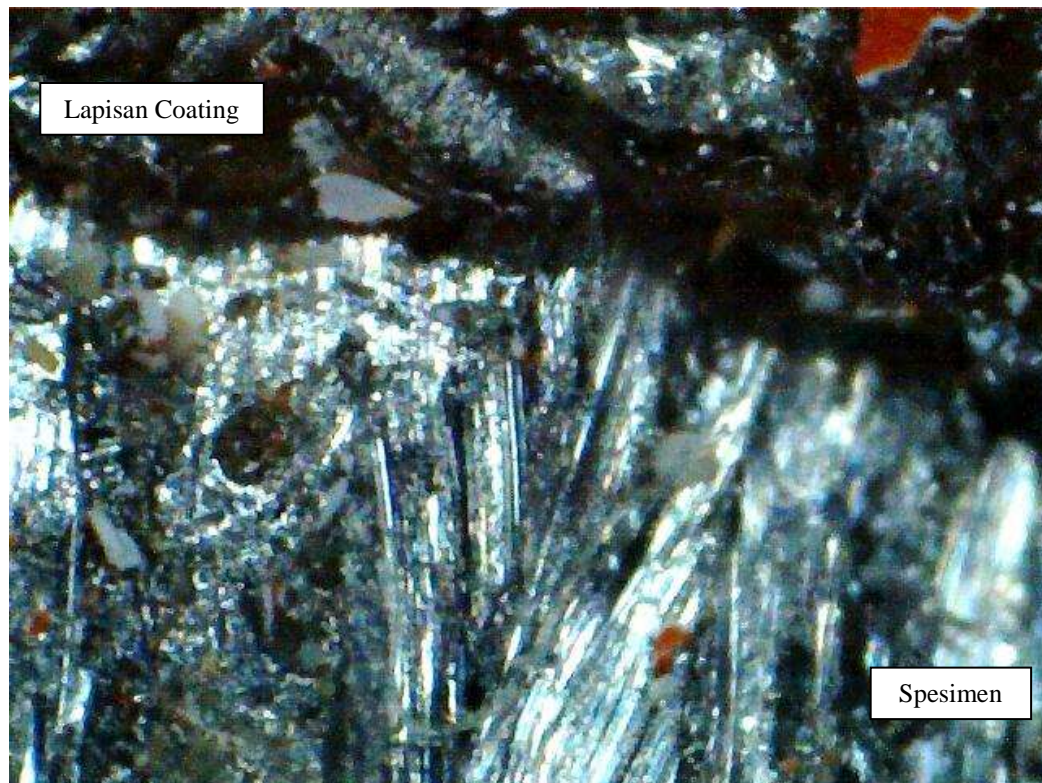
Gambar 12. Foto Mikro Spesimen L



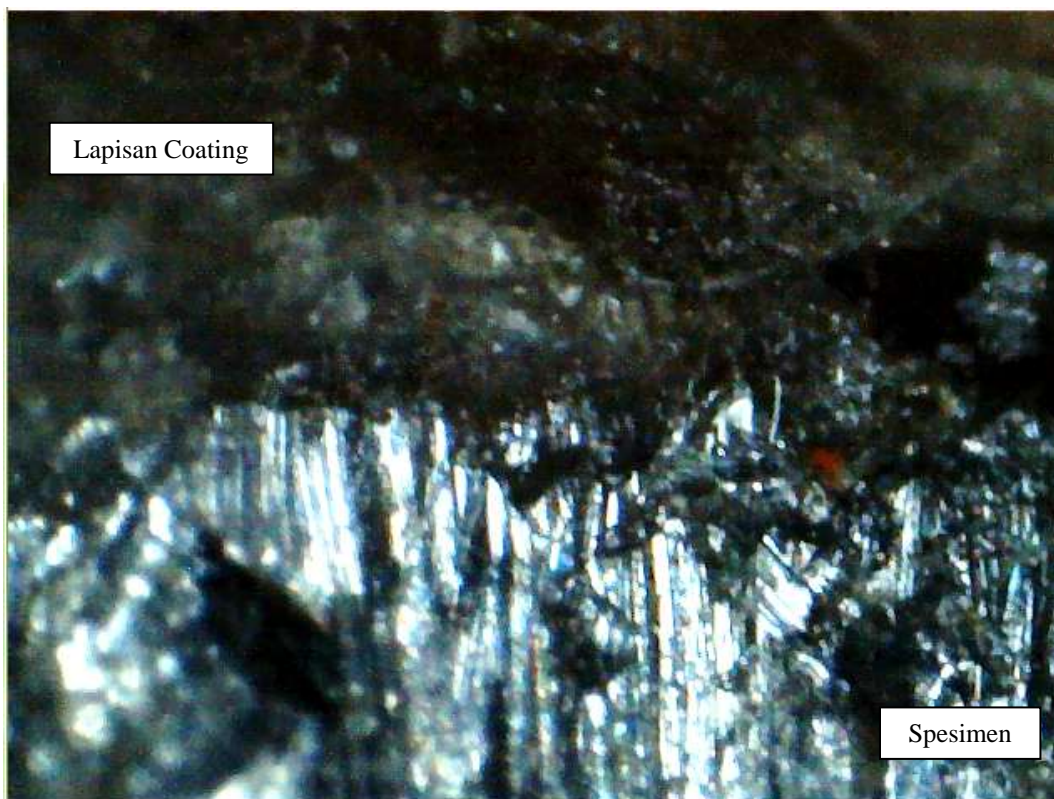
Gambar 13. Foto Mikro Spesimen M



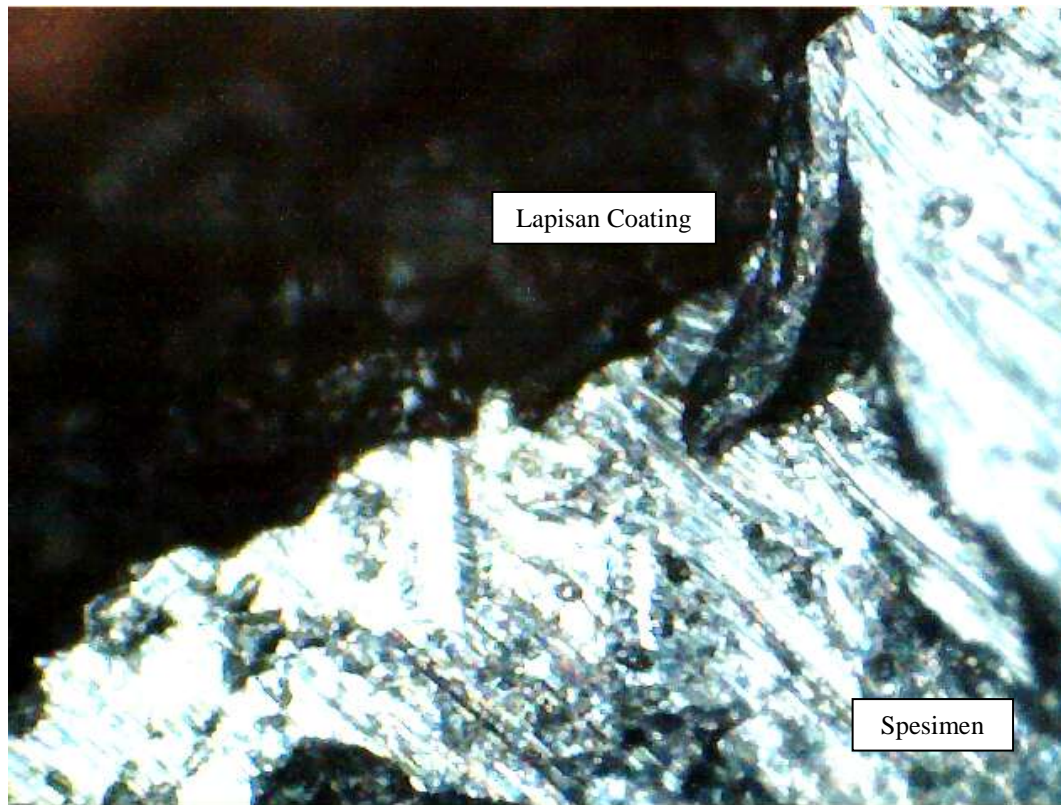
Gambar 14. Foto Mikro Spesimen N



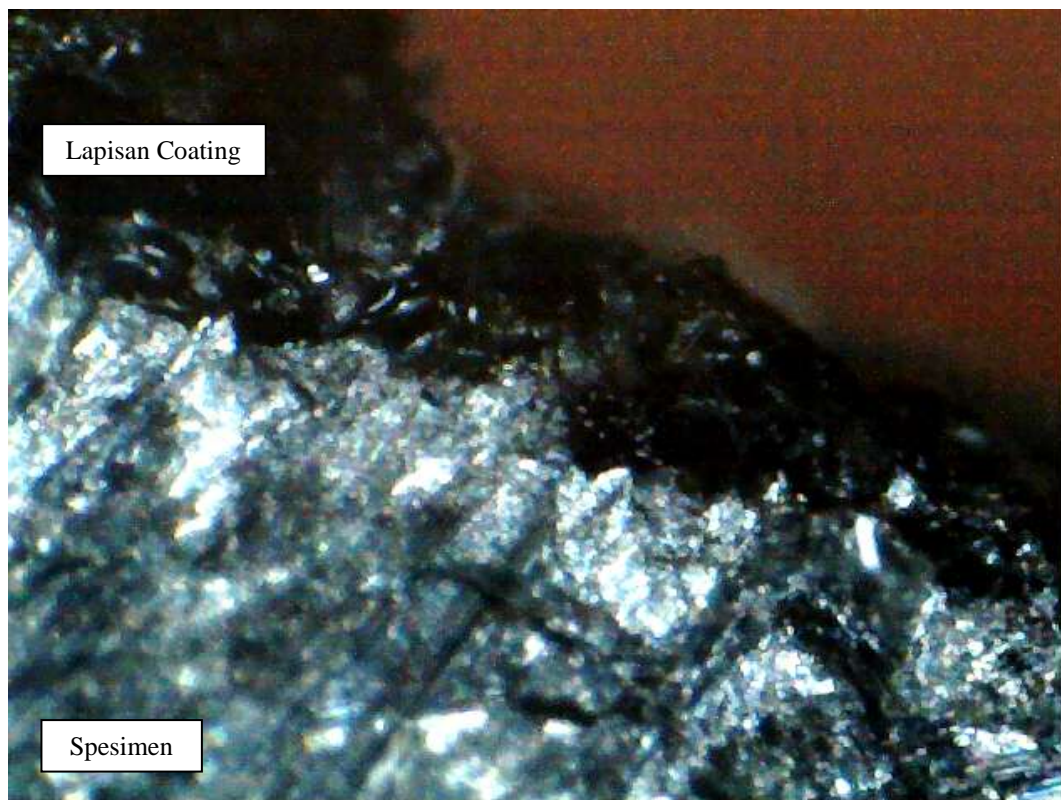
Gambar 15. Foto Mikro Spesimen O



Gambar 16. Foto Mikro Spesimen P



Gambar 17. Foto Mikro Spesimen Q



Gambar 18. Foto Mikro Spesimen R

BIODATA PENULIS



Astrid Fitria Febryanti Pramono lahir di Pasuruan, 18 Februari 1996. Riwayat Pendidikan penulis, Pendidikan SD ditempuh di SDN Tanjungarum 1 Sukorejo. Selanjutnya, Pendidikan SMP ditempuh di SMP Negeri 1 Pandaan dan Pendidikan SMA ditempuh di SMA Negeri 5 Malang. Setelah lulus dari SMA, penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Semasa kuliah, penulis pernah menjadi *Staff of Science Course Division SPE (Society of Petroleum Engineer)* ITS SC Institut Teknologi Sepuluh Nopember tahun 2014-2015 dan tahun 2015-2016. Selain itu, penulis pernah menjadi Kepala Divisi Sosial Masyarakat Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Kelautan tahun 2015-2016.

Penulis melaksanakan Kerja Praktek pada tahun 2016 di PT. NOV-Profab Indonesia, pada bagian *Project Engineer*. Dari pengalaman Kerja Praktek tersebut, penulis tertarik untuk membahas *coating* sebagai bahan Tugas Akhir. Pada bulan Februari 2017, penulis mulai menyusun Tugas Akhir tentang Analisis Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Gaya Adhesi *Coating* Polimer Alam Getah Karet (*Hevea brasiliensis*) dengan Silika (SiO_2) pada Baja ASTM A36.

Astrid Fitria Febryanti Pramono

Departemen Teknik Kelautan, FTK, ITS

Contact Person:

No. HP : 0856 4639 2697

E-mail : astrid.fitria96@gmail.com